テレビ電話における精細画像電送の一方式

日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所

大 久 保 栄・賛 川 知 顕
大 森 喬

低速走査精細画像をハードコピーの形で受信する場合について検討する。まず可能な案について利害得失を論じ、次にその中で有望と考えられるテレビ電話機の撮像管をファクシミリの送信に共用する方式に関し、実験装置の構成と特性の測定結果を述べる。1インチビジコンを用いた実験装置の低速走査時（水平走査周波数=500 Hz、走査線数=1024 本）の特性は、限界解像度=700 TV 本、SNR=20~30 dB、走査ひずみ=±3%、階調=7~8 段階であり、SNR を改善する必要がある。

1. ま え が き

対面通話と簡単な書画の送信が可能な標準型テレビ電話機は、電電公社内における現場試験が終り、昭和 49 年度には東京~大阪間の試用試験に使用される予定である。テレビ電話機の次の研究課題は、経済化、量産化、高信頼化をはかることと、高解像度化、ハードコピー化、カラー化など機能を拡大し、効用を高めることにある。

本資料では精細画像を電送* するための応用型テレビ電話機について、その一案を紹介する。

放送テレビジョン（走査線数=525 本）の 2 倍以上の走査線をもつ画像を“精細”とするならば、精細画像を放送と同じ毎秒 30 枚の速度で送るには、

$$4 \text{ MHz} \times 2^2 = 16 \text{ MHz}$$

以上の伝送帯域を必要とする。

このような広帯域伝送路を全国に張りめぐらすことは困難である。したがって精細画像サービスは静止画像を対象とし、走査線を増すかわりに毎秒フレーム数を減らさざるを得ない¹⁾。

低速走査画像の電送は電話帯域などの狭帯域回線を用いて試みられた例がある^{2)~5)}。また精細画像のハードコピー装置については古くからファクシミリの技術があ

り、最近ではテレビ放送にハードコピー機能を付加するテレビファックスも登場している⁶⁾。現在の標準型テレビ電話機に欠けた機能を補う立場から、これらの既存技術を見なおす必要があろう。

2. 精細画像方式

2.1 精細画像の電送方法

いま送るべき画像の 1 フレームに含まれる画素数を M 、1 秒間に送られるフレーム数を F 、伝送路の所要帯域幅を W (Hz) とすれば、

$$W = MF/2 \quad (1)$$

の関係がある。

テレビ電話サービスの周波数帯域は、端末装置、市内伝送路、市外伝送路、交換機などの特性および経済性で定まり、1~4 MHz である。このように限られた伝送路帯域のもとで精細な画像を送る場合、(1)式において画素数 M が大きくなり、フレーム数 F を小さくすることが必要となる。

たとえば 1 MHz 方式のテレビ電話では、受信画像のフリッカーの点から毎秒フレーム数は 30 と選ばれ、したがって 1 フレームの画素数はほぼ 250×250 となっている。一方、この伝送路を用い 1000×1000 画素の精細な画像を送ろうとすれば、毎秒フレーム数は約 2 に減らさなければならない。この場合、被写体の動きに関する情報は犠牲になり、被写体は静止した物体に限られる。

さて、低速で送られる精細画像を受信するには 2 通りの方法が考えられる。ソフトコピー受信とハードコピー受信である。

“A High Resolution Picture Transmission System Using the Video Telephone Network” by Sakae Okubo, Tomoaki Niekawa, Takashi Omori (Musashino Electrical Communication Laboratory, Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, Tokyo)

* 本資料では“伝送”は電気信号の送受信の意味に、“電送”は端末機における光電・電光変換および電気信号の伝送を含む画像情報の送受信の意味に使用する。

ソフトコピー受信は精細画像をブラウン管上に表示する方法である。この方法は数多くの情報の中から必要な項目を選ぶときなどに有効である。上記のような毎秒のフレーム数が少ない画像をそのまま通常のブラウン管に表示したのではフリッカーが著しい。そのため、何らかの記憶素子により 1 フレームを記憶させ、毎秒 30 フレーム程度の繰返しでリフレッシュして表示する必要がある。

一方、ハードコピー受信は精細画像を紙に記録させた形で受信する方法である。この方法は送られた情報を後で利用する場合に有効であり、本資料で詳細に検討する。

2.2 テレビ電話とファクシミリの同時利用

テレビジョンとファクシミリを画像通信系という観点から比較すると、走査、光電変換、電光変換、信号の伝送などの機能についてはまったく同じで、入出力が異なるだけである。表 1 にその相違を示す。

I_a-O_a 、 I_b-O_b 以外の組合せのうち I_b-O_a については、現在のテレビ電話機において“書画機構”を用いて実現されている。特にズーミング機能が加われば充分実用に耐えるものと思われる。すなわち I_a には I_b が含まれている。

表 1 テレビジョンとファクシミリの比較

	入 力	出 力
テレビジョン	(I_a) 動きのある 3 次元物体	(O_a) 低 解 像 度 ソフトコピー
ファクシミリ	(I_b) 静 止 し た 2 次元書画	(O_b) 高 解 像 度 ハードコピー

図 1 テレビ電話とファクシミリの同時利用形態

組合せ I_a-O_b がテレビ電話に欠けた機能である。

テレビ電話とファクシミリの同時利用においては、文書のみでなく商品の実物見本などのように 3 次元物体の投影像ハードコピーの得られることが重要である。

テレビ電話回線は通常、映像回線と音声回線から成っているが、ファクシミリ信号の伝送には帯域の点から映像回線を使用するのが適当である。

テレビ電話 (TV) とファクシミリ (FAX) の信号伝送に同一の伝送路を使用するものとすれば、端末の設置状態として図 1 に示す 4 種類が考えられる。

この図で TV(S)、FAX(R) などは単独機を、TV(S)/FAX(S) などは共用機を表わす。

最も望ましいのは送受とも共用機の (d) である。しかし TV(R) と FAX(R) の共用は、前者がソフトコピー、後者がハードコピーの出力装置であるから一般には困難である。(c) の構成も同様である。ただし TV 用 CRT の下部を FAX の電光変換用に使用する提案がある⁷⁾。

次に (a) の構成は、TV および FAX の単独機を結合したもので、容易に実現できる。類似のものとして電話ファックスでは、電話機とファクシミリが結合されている。この構成ではテレビとファクシミリに多くの共通点がありながら、それが活用されない欠点がある。

(b) の構成は (a) および (d) の中間的存在で、注目に値する。この場合に必要なのは撮像管の低速走査高解像度モードへの切替えである。

2.3 多重化伝送方式

ここに述べるのは図 1 (a) の使用形態で、テレビ電話で通話中にファクシミリで資料を送り、それをもとにさらに通話が続ける場合である。テレビ電話の対面通話機能は保持されるので、ファクシミリ信号はテレビ信号と多重化する。その方法として次の 4 つが考えられる。

- 時分割多重
- ① 垂直帰線期間の利用
 - ② 水平帰線期間の利用
 - ③ 画面の一部の利用

- 周波数分割多重
- ④ ビデオ信号の帯域内あるいは帯域外に副搬送波を設けファクシミリ信号で変調する

このうち①、②はテレビ放送において画面に影響を与えることなくファクシミリ信号を伝送する手段として、多くの発表がある^{8)~12)}。

テレビ電話の場合この条件にこだわらないで、テレビ画面の一部 (左あるいは下など) を費してもよい。

周波数分割多重による信号の多重化は、NTSC 方式における色信号の副搬送波による伝送がその例である。テレビ電話においてもビデオ信号帯域外を利用してファ

クシミリ信号を伝送した例が報告されている¹³⁾。

いずれの方法を用いるとしても、この形の使用形態ではコピーの電送に要する時間は特に短くなければならない。たとえば、かりにテレビ電話の通話時間が3 min 程度とすれば、資料を送るのに1 min もかかることは望ましくない。いまA4判(210 mm×297 mm)の資料を線密度4本/mmで5 sec間に電送する場合を考えれば、

$$\text{全画素数} = 210 \times 297 \times 4^2 = 1 \times 10^6 \text{ 個}$$

$$\text{最高画周波数} = 1 \times 10^6 / 2 / 5 = 100 \text{ kHz}$$

となる。

このファクシミリ信号を1 MHz テレビ電話信号(1フレームの走査線数=267)と時分割多重する場合、

$$1 \text{ フィールドあたりの画素数} = 1 \times 10^6 / 5 / 60 = 3333$$

$$1 \text{ ラインあたりの画素数} = 3333 / 133.5 = 25$$

となる。すなわち垂直帰線期間を利用するとすれば1フィールドあたり3000画素($\approx 12H$)を伝送しなければならない。また水平帰線期間利用の場合、1ラインあたり25画素($\approx 0.1H$)を伝送する必要があり、これは画面の10%にあたる。

両者の場合ともファクシミリ信号の伝送は間欠的であるから、メモリーを使用し速度を変換しなければならない。送像側では長い時間にわたり標本化した信号を帰線期間内に圧縮し、受像側では逆に伸長する必要がある。

ファクシミリ信号が白黒2値であれば、水平帰線期間利用の場合の25ビット記憶は比較的容易である。一方、垂直帰線期間利用の記憶容量は3000ビットに増加する。

その他、多重化により信号スペクトラムが変化するため、伝送路との整合に留意する必要がある。

2.4 端末切替え方式

この方式も図1(a)の場合で、テレビ電話の通話に先立ち資料をファクシミリで送り、後にそれをもとにテレビ電話で話す、といった使い方である。

テレビ電話とファクシミリの切替えは単に端末機の映像回線への接続替えてよい。

この場合、映像回線をファクシミリ信号の伝送に専有できるので、映像回線の帯域を充分に利用し、電送時間を短くすることができる。もし1 MHz 帯域の全部を線密度4本/mmのファクシミリに使用するとすれば、A4判原稿1枚の電送に要する時間は、

$$210 \times 297 \times 4^2 \times 0.5 \mu\text{s} = 0.5 \text{ sec}$$

である。短辺を主走査するとすれば、走査周波数は、

$$(210 \times 4 \times 0.5 \mu\text{s})^{-1} = 2.4 \text{ kHz}$$

と与えられる。このような高速ファクシミリは、電子走査により、現在研究の段階にある⁶⁾。

2.5 撮像管共用方式

図1(b)の構成の場合で、テレビ電話のカメラ部をフ

ァクシミリの送信部に共用する方式である。この方式では、ファクシミリ送信部が不要になることと、2次元書画のみでなく3次元立体のスナップショットなど、カメラに写るものなら何でも送像できることが特長である。また高速走査と低速走査が共存するため、精細画像として送りたい被写体を高速走査で撮像してテレビ電話のモニター上に表示し、焦点、位置などの調整を行なうことができる⁵⁾。

精細画像送信中は対面通話像は送れないので、受信側のブラウン管には自像を表示する。

この方式では、カメラからは中間調のある画像が得られるから、ファクシミリ受信機も中間調が記録できることが望ましい。文書類を被写体とする場合でも、印刷の具合により、また光学系、撮像管のシェーディングによっても中間調が現われる。被写体が実物見本などの場合には、中間調は不可欠である。

低速走査による精細画像信号の伝送には、伝送路の低域特性いかなでは変復調が必要な場合も考えられる。撮像管共用方式の鍵は、テレビ電話の撮像管であるビジコンを低速走査し、解像度の高い良品質の画像が得られるか否かにあるが、そのような目的にビジコンを使った例も報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾。

2.6 まとめ

前節まで、テレビ電話とファクシミリの同時利用方式の種々の案について述べてきた。このうち、テレビ電話の効用を増す精細画像の送受信方式としては撮像管共用方式が最も研究に値すると判断し、次章以降ではこの方式について実験装置を作製してシステムの諸データを得たので紹介する。

なお、最終的には他の方式についても実際のデータを積上げ、効用、性能、経済性、信頼性等を比較検討のうえ、目的に合った方式を選択する必要がある。

3. 送受信実験装置

3.1 実験系の構成

実験装置の概念図を図2に示す。送信部については、

図2 実験系の構成概念図

表 2 実験系の諸元

項 目	標準走査モード	低速走査モード
水平走査周波数	8.25 kHz	500 Hz
垂直走査周波数	60 Hz	1/2.048 Hz
走 査 方 式	2 : 1 飛越走査	順 次 走 査
フ レ ー ム 数	30 枚/sec	1/2.048 枚/sec
走 査 線 数	275 本	1024 本
有効走査線数	259 本	1008 本
ア ス ペ ク ト 比	15 : 13	
レンズの焦点距離	25 mm	
撮 像 管	ビジコン 8134	
信 号 レ ベ ル	1 V p-p/75Ω	± 1 V p-p/75 Ω
最高画周波数	1 MHz	340 kHz

テレビ電話機（1 MHz 用）のカメラに低速走査回路を付加し、通常の標準走査モードと低速走査モードを切替える。

受信部には、標準走査の場合、テレビ電話機のモニターを使用する。低速走査の場合、ファクシミリ受信機を使うのが本来の姿であるが、現在のところ目的にあう高速ファクシミリが得られなかったため、低速走査の残光性モニターで代用する。

標準走査モード、低速走査モードの方式諸元を表 2 に示す。前者は万博出展のテレビ電話機の場合と同じ値である。後者については、まず走査線数が 1 MHz テレビ電話の 4 倍程度、すなわち約 1000 本になるように定める。低速走査画像信号のエネルギーは標準走査のときにくらべ、より低域に広がっているため、基底帯域伝送が困難なことも予想される。そこで BSB 変調を考慮し、低速走査モードの最高画周波数は 0.5 MHz 以下に選ぶ必要がある。このことと高速ファクシミリの可能性を考慮し、水平走査周波数は 500 Hz とする。

図 2 の実験回路はテレビジョンとファクシミリの組合せで、両者が補完的に動作する。すなわち、対面通話時

にはスイッチを A, a 側に倒し、従来のテレビ電話として使う。一方、精細画像を送るときは、標準走査のままで被写体の画面内位置、焦点を調節した後、スイッチを B, b 側に倒す。精細画像受信後は得られたコピーをもとに、さらに対面通話を続ける。

3.2 送信装置

走査速度切替え型テレビカメラの構成を図 3 に示す。撮像管はテレビ電話機用のビジコン（3 硫化アンチモン管 8134）である。偏向回路、映像信号処理回路は標準走査用、低速走査用の 2 組を用意し、スイッチで切替える。低速走査の場合、受信機を外部同期で動作させたため、映像信号に同期信号は付加されていない。電極電圧は両走査モードに共通である。

低速走査側のアパーチャー補正回路は遅延線 2 個を用いたもので、その等価回路は図 4 で表わされる。この回路の伝達関数は、

$$H(f) = \frac{1 - 2a \cos 2\pi f\tau}{1 - 2a} \quad (2)$$

となり、ビジコンの変調度特性ならびにアパーチャー補正にともなう雑音の増加を考慮し、350 kHz (≒ 1000 TV 本) における補正量が 15 dB となるよう、 $a = 0.35$, $\tau = 1.4 \mu s$ とした。また低域濾波器は帯域外の雑音を除くためのもので、6 次トムソン型（3 dB 遮断周波数 = 340 kHz）である。

低速走査部映像回路（前置増幅器、クランプ回路、出力増幅器、アパーチャー補正回路、低域濾波器）の 10

図 4 アパーチャー補正回路の等価回路

図 3 走査速度切替え型送信装置の構成

図5 映像系総合入出力特性

図6 総合周波数特性

kHz における総合入出力特性を図5に示す。アパーチャー補正なしの場合、出力 2.5 V で飽和するが、これは出力増幅器（利得＝40.8 dB）の特性に支配されている。アパーチャー補正ありの場合、補正回路の挿入損失が 6.2 dB であるため、総合の利得もそれだけ低くなっている。

また、総合周波数特性の測定結果を図6に示す。アパーチャー補正がないときの 3 dB 帯域は 350 kHz であり、この場合、出力増幅器および低域濾波器の特性が支配的である。アパーチャー補正ありの場合、(2)式に従い高域の利得が補償され、3 dB 帯域は 440 kHz である。

3.3 受信装置

低速走査画像の受信には、ハードコピーの得られるファクシミリ装置の代りに残光性モニターを使用して見通しを得ることとした。使用ブラウン管は 170 AB 7 で、その解像度は水平走査周波数を 2° 分周して得られる矩

形波の表示方式で求めると、標準ラスタ寸法の場合 512 TV 本、ラスタ寸法を 1.75 倍に拡大した場合 1024 TV 本であった。

4. 実験装置の画像特性

4.1 光電変換特性

標準走査時および低速走査時のフェースプレート照度対出力電流の特性を図7に示す。低速走査の場合、出力 18 nA で飽和し、暗電流は 10 nA である。標準走査時は出力電流が 200 nA 程度のあたりで使用されることにくらべれば、低速走査時の出力電流は約 1/10 に減少している。

低速走査時の光電変換特性は定性的には次のように説明することができる。すなわち、ビジコンの動作解析によれば、信号電流 I_s は次式で表わされる¹⁶⁾。

$$I_s = \frac{CV_T}{T_f} \exp\left(-\frac{T_f}{\tau_0}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{T_f SL}{\tau_0}\right)\right] \quad (3)$$

ここで C : ラスタ全面のターゲット容量

V_T : ターゲット電圧

T_f : フレーム時間

τ_0 : 暗時のターゲット時定数

S : ターゲット光導電体の感度（入射光束の変化に対する導電率の変化の割合）

L : 入射光束

信号電流の飽和値は(3)式で $L \rightarrow \infty$ として求め、

$$I_s(\max) = \frac{CV_T}{T_f} \exp\left(-\frac{T_f}{\tau_0}\right) \quad (4)$$

である。この式は低速走査で T_f が大きくなるほど飽和値が小さくなることを意味している。

一方、(3)式の信号電流は、露光量 $T_f L$ の関数であるから、低速走査で T_f が大きくなるほど、より弱い入射光で飽和の起ることを意味している。

図7 ビジコン 8134 の光電変換特性

図 8 雑音の電力スペクトラム

低速走査の場合、信号帯域が狭くなるので帯域を制限して雑音を減らすことができるが、それにも増して信号電流の減少が著しく、SNR は低下する。

標準走査の場合、200 nA 付近で出力が飽和しているのは測定系に原因がある。

4.2 雑音

低速走査映像増幅系における雑音のスペクトラムおよび全帯域の rms 値を測れば図 8 のようになる。雑音の rms 値はアパーチャー補正なしの場合、55 mV、補正ありの場合 90 mV であった。スペクトラムは 250 Hz 帯域幅の選択レベルメーターで測定し、雑音電圧は rms 電圧計で測定した。

雑音の周波数依存性は図 6 の総合周波数特性と一致する。したがって系の雑音はビジコンの負荷抵抗からの雑音で支配されていることがわかる。負荷抵抗 R_o から発生する雑音電圧の rms 値は、帯域幅 B あたり $\sqrt{4kTR_oB}$ と表わせる (k はボルツマン定数、 T は絶対温度)。

$R_o=100 \text{ k}\Omega$ 、 $B=250 \text{ Hz}$ 、 $T=300 \text{ K}$ とすれば、雑音電圧は $6.44 \times 10^{-7} \text{ V}$ となる。これは 75Ω 負荷では -112.6 dBm に相当する。図 5 より系の増幅度はアパーチャー補正がない場合 65.4 dB であるから、出力雑音は、

$$-112.6 + 65.4 = -47.2 \text{ dBm}$$

と計算され、図 8 の測定結果①とほぼ一致する。図 6 より得られる系の帯域幅 350 kHz あたりの雑音電力は、

$$-47.2 + 10 \log_{10} \frac{350}{0.25} = -15.7 \text{ dBm}$$

と計算される。これは 45 mVrms に相当し、実測値 55 mVrms とほぼ一致する。

一方、アパーチャー補正がある場合、図 5 より系の増幅度が 59.2 dB であるから、低域における 250 Hz あたりの雑音電力は -53.4 dBm と計算される。また図 6 より

り得られる系の帯域幅 440 kHz あたりの雑音電力は、(2)式を 2 乗し、帯域内で積分して得られる雑音の増加量が 11.3 dB であることから、

$$-53.4 + 10 \log_{10} \frac{440}{0.25} + 11.3 = -9.6 \text{ dBm}$$

と計算され、これは 91 mVrms に相当する。これらの結果は図 8 の測定値②とほぼ一致する。

図 7 の光电変換特性から信号電流の p-p 値が 15 nA とすると、図 5 の入出力特性から出力電圧はアパーチャー補正なしのとき 2.3 V 、補正ありのとき 1.1 V である。したがって無評価 SNR は、アパーチャー補正なしの場合、

$$\text{SNR} = 20 \log_{10} \frac{2.3 \text{ V}}{55 \text{ mV}} = 32.4 \text{ dB}$$

アパーチャー補正ありの場合、

$$\text{SNR} = 20 \log_{10} \frac{1.1 \text{ V}}{90 \text{ mV}} = 21.8 \text{ dB}$$

と与えられる。

4.3 解像度

カメラの水平解像度を変調度およびモニター上の限界解像度で評価する。変調度の測定にはテストパターンを撮影して、その出力映像信号の応答によった。精細画像用に 100 TV 本から 1000 TV 本までの変調度が測定できるパターンを用意した。

その測定結果を図 9 に示す。これよりアパーチャー補正のない場合の特性はカタログデータとだいたい一致することがわかる。アパーチャー補正をした場合 100~400 TV 本の範囲では過補償となっている。

次に残光性モニターに得られた像を写真 1 に示す。

水平限界解像度はアパーチャー補正がないとき 600 TV 本、補正があるとき 700 TV 本である。変調度 10

図 9 変調度測定結果

(a)

(b)

写真 1 残光性モニター上の再生画像 (中心部拡大)

- (a) アパーチャー補正なし
(b) アパーチャー補正あり

図 10 走査線の重なり

%が限界解像度を与えると仮定すると、図9からアパーチャー補正なしのとき 600 TV 本、ありのとき 900 TV 本となる。写真1の結果がこれより低くなっているのは残光性モニターのアパーチャー特性によるものと考えられる。

垂直解像度は写真1の表示画像から 700~800 TV 本で、ビジコンの電子ビームの拡がり変調特性から推定してラスタ高の 1/300 程度であることにくらべると、かなり良くなっている。これは図 10 のように走査線が重なった場合、重なり部分 (BA') は前回の走査で相当程度消去され、光電変換出力に寄与するのは重ならない部分 (A'B') のみで、垂直解像度に関しては電子ビームが細くなったことと等価になるためと考えられる。

4.4 走査ひずみ

カメラの偏向ひずみは水平 7 間隔、垂直 7 間隔のテストパターンを使用して測定し、間隔変化率で表わす。

測定結果は水平 $\pm 2\%$ 、垂直 $\pm 3\%$ である。この値は特別の回路を使わないで得られたもので、実用上充分と考えられる¹⁷⁾。

4.5 階調

階調再現性テストチャートおよび RETMA チャートを残光性モニター上に表示した結果、7~8 段階の階調が再生されており (写真1 参照)、実用上差し支えないものと考えられる。

5. む す び

精細画像の電送に関し、方式の提案と比較検討を行ない、システム設計に必要なデータを明らかにするためにテレビ電話の撮像管をファクシミリ送信に共用する方式の実験を行なった。実験装置では 1 インチビジコン (8134) を使用し、走査線数=1024 本、フレーム周期=2 sec の低速走査と 1 MHz 標準走査の切替えが可能である。低速走査時の特性は、

限界解像度=700 TV 本 (水平、垂直とも、RETMA
チャートによる)

SNR=20~30 dB

走査ひずみ= $\pm 3\%$ (水平、垂直とも、間隔変化率による)

階調=8 段階

である。

この結果から、撮像管共用方式に対する見通しが得られた。現在、解像度をより向上するねらいで 1.5 インチビジコンを使用した送信装置、光学ファイバー管およびドライシルバ紙を用いた受信装置を試作し、実験中である。

ビジコンの低速走査における問題は、解像度、SNR、直線性、画質の一樣性 (解像度、直線性)、階調再現性などであるが、なかでも信号出力の低下による SNR の低下が重大である。水平偏向電流を画素数分のステップを有する階段波とすることなどの手段により出力が増加するか否かの確認を含め、ビジコンの光電変換特性をさらに検討する予定である。

おわりに、本研究を進めるにあたり御指導、御討論いただいた太田正光画像通信研究部長、森永隆広調査役、南敏画像通信研究室長に感謝します。また実験の便宜をはかられた画像通信研究室の皆様へ深謝します。

(昭和 47 年 11 月 9 日受付、昭和 48 年 3 月 27 日再受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 福井憲一、宮内一洋：画像通信の一方式について、昭 44 信学全

- 大, S9-3 (1969)
- 2) TV ニュース (ビデオボイス), テレビ誌, **25**, 7 (1971) 587
- 3) The Evolution of Picturephone Service, Bell Labs. Record, **47**, 5, May/June (1969) 160
- 4) 中野 稔, 竹田 実, 安松谷昇: 低速走査方式テレビジョンの一考察, テレビ誌, **18**, 4 (1964) 229-336
- 5) 丹羽 登, 屋馬輝夫: 電子シャッターとぶれ補正回路をもった狭帯域テレビジョン装置, テレビ誌, **24**, 1 (1970) 36-43
- 6) 宮崎栄一: 新しいファクシミリシステム, テレビ誌, **23**, 6(1969) 439-450
- 7) 笹尾三郎: ファクシミリ画像信号伝送方式, 特許出願広告, 昭43-29081
- 8) Electronics Abroad (Filling the blanks), Electronics, Nov. 13 (1967) 305-306
- 9) 江口文夫: 垂直帰線期間によるファクシミリの伝送装置, テレビ全大予, 5-4 (1968)
- 10) 水口穂高: 画像情報信号のテレビ垂直帰線期間多重方式, NHK技術研究, **20**, 1 (1968) 1-8
- 11) 速水平二郎: 松下電器ホームファックス, 放送技術, 2(1970)1-6
- 12) 速水平二郎ほか: テレビ・ファックスH方式, 第115回電写研究会資料 (1970)
- 13) 釜江尚彦, 土屋敏雄: テレビ電話信号とファクシミリ信号の同時伝送について, 昭 46 信学全大 (1971) 1311
- 14) H. Fukui: Experimental Study of Slow-Scan High-Resolution Video Transmission at One-Mega Hertz Bandwidth, J. SMPTE, **77**, 12 (1968) 1282-1286
- 15) W.J. Gill: Wideband Transmission of Photographic Data Using IDCSP Satellites, 1969 Wescon Technical Papers, Pt. 2, 12/4
- 16) 吉田興夫: ビジコンの緩速走査のターゲット電流, テレビ誌, **24**, 4 (1970) 271-280
- 17) 黒沢 昇: 画質および同期からみたサグの限界, 通研研究実用化報告, **18**, 11 (1969) 2837-2843