最近のファクシミリ技術

(その1) 方 式

日本電気株式会社 奥 村 宜 彦

最近、ファクシミリの用途は急速に広がりつつあり、これに伴い、この方面の技術も急速に発展しつつある。ファクシミリもテレビジョンもともに視覚にうったえる通信であり、相互に類似の技術内容を有している。筆者は本文で最近のファクシミリの技術のうち、主としてその最大の特徴である送信光電変換、受信記録変換および伝送系についての解説を行なった。

1. ま え が き

最近、ファクシミリ利用の新分野は、各種文書の電送に、電報の集配信に、ニュース放送に、新聞紙面の電送に、その他各方面に広がりつつある。

ファクシミリはいわば送信地点に原稿があり、受信地点にコピーを生ずる“遠方複写機”(リモートコピー)とでもいふべきものであり、その利用範囲は、今後の技術の進歩とともにますます広がるものと期待される。

筆者は本文で最近のファクシミリ技術について論じ、テレビジョン技術関係各位のご参考に供し、あわせてご批判を得たいものと思う。

なお、ファクシミリの一般的解説および一部の技術動向については、先に本誌¹⁾に発表したもので、これらについて本文での記述は省略する。また、従来より存在した比較的古い方式については、説明の都合上触れたものもあるが、原則としては記述しないゆえご了承ください。

2. 通信におけるファクシミリの位置づけ

電気を利用する与否とにかかわらず、人対人の情報伝達の媒介となるものは、周知のように大部分が音と光であり、したがって、聴覚と視覚とが、情報受入れの主役を演ずる。情報伝達経路の概要を図1に示す。

筆 者 紹 介

おくむらよしひこ
奥村宜彦 昭和17年、東京大学工学部電気工学科卒業。ただちに日本電気株式会社に入社、電気音響、搬送電信装置等の設計担当を経て、ファクシミリ装置の設計に従事、昭和37年、論文「ファクシミリ受信画質に関する設計上の諸問題」により工学博士となる。現在、データ機械事業部技師長、正会員。

図1 人対人の情報伝達経路

図1で①、②は音声通信であり、③、④は画像通信である。このうち①、③は電気を使用しない通信であり、②、④は電気通信である。②には電話、ラジオがある。一方、④は受信記録画を得ないものと得るものに分けられる。前者にはテレビジョンがある。後者としてはファクシミリおよび遠隔描画装置(商品名テレメール)²⁾があり、さらに図1の電気信号が符号化されたものに電信(音響電信および印刷電信)がある。

ファクシミリ技術の最大の特徴は図1の④経路の文字図形を電気信号に変換する部分(送信光電変換部)④および電気信号を送信原稿と同一の文字図形に変換する部分(受信記録変換部)⑤にある。それゆえ、本文ではこれら2点を主眼にし、あわせて電気信号部分(伝送系)⑥について述べる。

3. ファクシミリの基本過程

図1の④経路の文字図形(送信原稿)→電気信号→文字図形(受信画)の基本過程を示すと図2のようになる。

4. 送信光電変換

4.1 光 源

動作により分類すると表1のようになる。

“Recent Development in Facsimile Technic, Part 1 System” by Yoshihiko Okumura(Nippon Electric Co. Ltd., Fuchu)

図2 ファクシミリの基本過程

表1 送信光源の動作による分類

光 束	素 子	電 流	備 考
直 流 光 束	タングステン電球	直 流	
	け い 光 灯	直 流	
搬送波光束	グロー放電管	搬送波	
	タングステン電球	直 流	チョップパあり

(注) チョップパとは周辺で光束を断続する回転歯形板である。

ここでグロー放電管³⁾とはネオン、アルゴン等を封入したグロー放電を行なう電子管である。この放電管は周波数応答特性が良く、応答の上限周波数は100kcに達するものもある。

4.2 走査方式

走査方式として、従来一般に行なわれてきた方式は、円筒走査方式である。すなわち、送信原稿を円筒にまきつけ、この円筒上の一点に光を投射し、円筒を回転させると同時に円筒の軸方向に、相対的に光点を移動させ、全画面を走査する方式である。この方式は1回ごとに送信原稿を円筒に巻きつける煩雑さはあるが、光学系が簡単であるため安価であり、したがって今後も広く用いられるであろう。

一方、送信原稿を円筒に巻きつける手間をはぶき、平面状のまま走査する平面走査方式が行なわれはじめてきた。この方式は高速度連続送信に適する。しかしながらこの方式では、送信原稿の端部より光学系への入射光が光軸に対し斜めとなるため、送信原稿の端部より光電変換素子への入射光が、中央部より小となり、端部が暗くなりがちである。また、端部の分解能も中央部に比べて劣りやすい。この欠点をのぞくために光学系は高価となりやすい。

平面走査方式の場合は、外部に送信原稿の自動給紙部を付加すれば、自動送信動作を行なうことができる。

円筒走査方式か平面走査方式かを定めるには、以上の長短所を充分考慮して定める要がある。実例については4.4で述べる。

4.3 送信機回路方式

大別して次の2種類になる。

(1) 直流光束の場合

この場合、光電管出力は原稿の白で最大値を有する直流画信号分となり、この画信号で搬送波を振幅変調して回線へ送出する回路方式が用いられる。この回路方式では、変調回路への画信号入力値、変調回路の動作点の選び方いかんにより、また、電源電圧変動による送信原稿の階調～送信出力レベル特性が変動する。それゆえ、階調のシビヤーな再現を要求される写真の電送にはあまり用いられない。しかしながら、比較的安価にでき、かつ後述する搬送周波光束の場合と異なり、黒送り*が可能のため、白黒2階調のみを取扱う文字の電送には適している。またこの場合には、変調回路の動作特性に飛躍特性をもたすことにより、受信画の階調を送信画のそれより強調して、より鮮明なコントラストを得させる操作も可能である。

(2) 搬送周波光束の場合

この場合、光電変換素子の出力画信号は白送り*の直流画信号と、搬送周波信号を相加したものより成る。この搬送周波信号分のみを濾波器でとり出したものを、白送り信号として直接またはこれを周波数変換して回線へ送出する回路方式が用いられる。この方式では送信原稿の階調～送信出力レベル特性が、たとえ電源電圧変動があっても、常に無調整で直線性となる。それゆえ、連続した階調の忠実な再現を要求される写真の電送等に好適である。

図3にこの方式を採用したFT-60T写真電送送信装置(表2のNo.3方式・8.3の(1)に記すFT-69形の前身)の送信原稿階調～送信出力レベル特性を示す⁴⁾。

4.4 光電変換方式の実例

代表的なものを表2に示す。表2に示したものの主走

図3 FT-60T写真電送装置送信原稿階調～送信出力レベル特性

*「白送り」とは、送信原稿の白で回線に信号を送出し、黒で信号が停止する方式である。また「黒送り」とは「白送り」の逆の方式である。

表 2 光電変換方式の代表例

No.	光 源	光 束	走査方式	光電変換素子	送信原稿濃度 ～回線出力レベル特性
1	タングステン電球	直 流	円筒走査	単素子形光電管	一般に非直線性
2	け い 光 灯	直 流	平面走査	増倍形光電管	一般に非直線性
3	グ ロー 放 電 管	搬送波	円筒走査	増倍形光電管	直線性
4	タングステン電球 (チョッパあり)	搬送波	円筒走査	フォトランジ スタ	直線性

図 4 送信平面走査の
一方式
FH-82TC 形に用いて
あるもの

図 5 送信円筒走査の方式

すなわち鉛筆で特殊な放電破壊記録紙に記録したものを送信原稿とし、この原稿の上を記録針で走査することにより、鉛筆書きの部分にのみ電流が通じ、これにより送信機より振幅変調波を得るものである。光学系が省けるので安価に製作できるが、一面、送信原稿として、一定の特殊紙を用いる不便さがある。

5. 受信記録

5.1 あらまし

ファクシミリを受信記録には多種類のものがある。すなわち到来信号の強弱に応じて黒く発色する現象は、受信記録方式となりうる。走査方式より分類して円筒走査、平面走査の2方式となり、また、記録材料より分類して、写真記録、模写記録、電子記録の3方式となる。

2.において述べたように、記録方法はファクシミリ技術の最も重要な問題であり、その望ましい条件は次のとおりである。

- (1) できるだけ普通紙に記録できること。
- (2) 特殊記録紙を用いる場合、その記録紙は化学的に安定であり、記録前の乾燥により使用不能にならないこと。
- (3) 記録紙はできるだけ白色であること。
- (4) 記録に際し、悪臭、塵を発生しないこと。
- (5) 高速度記録が可能であること。
- (6) 記録紙の寿命が長いこと。
- (7) 記録機構が安定であること。
- (8) 安価であること。

これら諸条件をすべて満足するものは現在では存在せず、今後の大きな課題として残されている。現状では使用目的に応じて、上記諸条件を適宜取捨選択して実用化している。

5.2 走査方式

査は、いずれも機械的走査を用いたものである。最近高速度の主走査にビジコンなどによる電子的走査を用いたものが試みられ、その一部については先に本誌上で紹介したが¹⁾、まだ特殊例であるので、本文では解説を省略する。詳細は文献^{5) 6) 7)}を参照されたい。表2中の代表的なものとして No. 2 および No. 4 について述べる。

(1) 平面走査 (表2の No. 2)

図4に示すように、直線スリットと回転するスパイラルスリットとの交点に対応する送信原稿上の画素よりの反射光を、増倍形光電管に入射させる。送信原稿は同図矢印の方向に進行して副走査が行なわれる。また、シェーディング機構により、4.2 に述べた送信原稿の中央部と端部の照度の偏差を補正している。8.2の(2)に述べるように、この装置に送信原稿自動給紙機を付加させれば高速度連続送信ができる。

(2) 円筒走査 (表2の No. 4)

一例を図5に示す。光学系は平面走査にくらべ簡単であり、広く用いられている。

4.5 光を使わない送信走査方式

放電破壊記録紙に鉛筆で記録した送信原稿を、導電変換を利用して振幅変調信号として回線へ送り出す方式がある⁸⁾。

図 6 放電破壊記録紙とベルトを用いた模写記録方式（平面走査）

図 7 電解記録紙とヘリカルドラムを用いた模写記録方式（平面走査）

円筒走査方式と平面走査方式とがある。前者は、古くより行なわれており、4.2 に述べた送信の円筒走査方式と同一原理ゆえ、ここでの記述を省略する。

平面走査方式は、主として模写記録および電子記録方式に用いられる。この方式では、ロール状記録紙を用いこれがはぐれてきた所で、記録電極または光点の主走査により、記録紙上に可視像または潜像を得る方式である。

円筒走査方式にくらべ機構は若干複雑であるが、記録紙を 1 回ごとにとりかえる手間が省けるので、連続記録に適する。模写記録に用いられた例として、放電破壊記録紙に適用されたベルト式と、電解記録紙に適用されたヘリカルドラム式の場合をそれぞれ図 6、図 7 に示す。

5.3 記録材料による方式の種別

(1) 写真記録方式

記録材料として印画紙またはフィルムを用いる。走査光点を微小になしうること、および上記感光材料の特性より微小な模様および中間調を良好に再現できる。

ここ数年来、電光変換素子としてはもっぱら 4.1 に述べたグロー放電管が用いられるようになった。現段階では円筒走査方式がもっぱら用いられる。図 8 に本光学系の系統図を示す。

(2) 模写記録方式

印画紙、フィルムを用いず、電気信号に応じ瞬時に記録紙を発色させる方式である。写真記録方式にくらべ微細な模様および階調の再現は劣るが、装置が簡便、安価であるため、文書の電送に適する。これに放電破壊記録方式、電解記録方式および電磁プリンタ方式がある。電

図 8 円筒走査による写真電送記録方式の光学系系統図

磁プリンタ方式は、現段階では高速度応動特性が良好でなく、かつ機械的調整に比較的困難の点があるため、あまり使用されていない。

模写記録方式および次に述べる電子記録方式について長短を比較すると表 3 のようになり、これら長短を比較検討のうえ、採用方式を決定する。

表 3 模写記録方式および電子記録方式の比較

	模 写 記 録 方 式			電子記録方式	
	放 電 式	電 解 式	電磁プリンタ式	静 電 式	電 子 写 真 式
記録コントラスト	灰色地に黒色	白地に黒	白地に黒	白地に黒	ピンク地に黒
分 解 能	②			①	
現 像 定 着	不 要	不 要	不 要	要	要
記録前に乾燥により記録不能となる現象	な し	あ り	な し	な し	な し
記録時の臭、塵の発生	あ り	な し	な し	な し	な し
耐えうる高速記録の上限	円筒式：③ 平面式：⑤	④	⑥	円筒式：① 平面式：①	②

1. 数字は各方式の順位を示す。

2. 電解式、電磁プリンタ式、電子写真式の場合はいずれも平面走査方式である。

(3) 電子記録方式

特殊の記録紙上に電荷による潜像をつくり、その後帯電されたトナーにて現像し、さらに熱定着を行なって受信画を得る記録方式である。電子的走査と組み合わせて超高速記録にも適する。この方式には表 3 に示したように電子写真式と静電式とがある。

(a) 電子写真式

記録光源としてフライングスポット管を用いて、主走査露光を行ない、副走査方向に走行するエレクトロファクス紙上に電荷潜像を生じさせる方式である⁹⁾¹⁰⁾。これについては先に本誌で詳述したので¹⁾、本文では省略する。

(b) 静電式

記録紙として図 9 に示すような普通紙（白色）の上に

絶縁性樹脂を塗布した記録紙を用いる。この記録紙の表面に記録針を接触させ、この記録針と背面電極との間に極性任意の、800 V 前後の直流画信号電圧を印加すると、絶縁層上に画信号に対応した帯電潜像を生ずる。これを現像定着することにより記録を得る。

記録電流はほとんど流れず、したがって記録電力は微小ゆえ、高速記録にも適する。しかも、白地に黒色のコントラストの良い記録を得ることができ、現像定着の煩雑さはあるが、模写記録方式に見られない特長があるため、今後は広く用いられる傾向にある。走査方式に次の2種類がある。

① 機械的走査方式

5.2 に述べたと同様、円筒走査方式⁹⁾¹⁰⁾と平面走査方式¹¹⁾とがある。

② 電子的走査方式¹²⁾

この場合は図10に示す静電記録管を用いる。この電子管は一種のブラウン管で、けい光面に相当する面を貫通して細い針状電極を一列に多数埋め込んである。画信号で変調された電子ビームを、これら針状電極に当てて主走査を行ない、一方、針状電極の外側に、これに密着して静電記録紙を走らせると、記録紙上に帯電潜像を得、さらにこれを現像定着して記録を得る。

図9 静電記録紙の構造 (断面図)

図10 電子的走査による静電記録

図11 残留側波帯同期検波方式系統図

6. 伝 送

6.1 残留側波帯方式¹³⁾¹⁴⁾

最近の傾向として、与えられた帯域内で、できるだけ速い通信速度で電送を行なうため、残留側波帯方式 (Vestigial Sideband, 略称 VSB) が広く用いられるようになった。この VSB 方式には次の2種類があり、それぞれについて説明する。

(1) 包絡線検波方式

受信側で復調するに際し、搬送波を重畳せずに包絡線検波を行なう方式。この方式は後に述べる同期検波方式にくらべて直角成分の影響を受け、若干の画質の低下をまねがれないが、装置が簡単であるため、広く用いられている。

(2) 同期検波方式¹⁵⁾¹⁶⁾

ファクシミリで行なわれている同期検波方式として、受信復調用搬送波信号を送信機より伝送する方式が提唱されている。すなわち、送信機で白黒の変調度をあらかじめ浅くし、常時搬送波を送出する。受信機でこの搬送波を限流してのち濾波器で基本波のみを取り出し、復調用搬送波として利用する。

この方式では、回路構成が包絡線検波方式に比し、複雑となるが、復調後の直角成分をほぼ0となしうるので受信画質は包絡線検波の場合にくらべ向上する。ただしこの方式では、階調の忠実性は失われるので、中間調を有しない文書の電送のみに使用される。本方式の回路系統を図11に、また周波数分布を図12に示す。

6.2 写真電送におけるノイズ障害軽減のための ブリエンファシス方式¹⁷⁾

一般に、写真電送の送信装置出力電圧は、光電変換素子の出力電圧に対して直線的に行なわれている。一方、光電変換素子の出力電圧は、送信原稿の濃度に対し負の指数特性を有するゆえ、送信原稿濃度～送信装置出力電圧特性も図13に示すように負の指数特性を示す。このた

図 12 残留側帯同期検波方式周波数分布

め、一定濃度差に対する出力電圧差は黒側で小、白側で大となり、伝送途上で受けるノイズの影響は黒側で大となる。本方式はこれを救済するために、黒側の送信装置出力電圧を伸張すると同時に、白側のそれを圧縮し、各濃度差に対する出力電圧差を均等化し、ノイズによる画質の劣化を各濃度段階において一様にした。実験の結果はノイズ障害を十数 dB 軽減させ得た。

(昭和 40 年 3 月 26 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 与謝野豊, 奥村宜彦: ファクシミリとテレビジョン, テレビ誌, 14, 10 (1960) 449—454
- 2) 奥村宜彦, 川瀬進, 窪田潤二郎, 森克彦: テレメール, NEC, No. 70 (1965.3) 1—9
- 3) 小林春洋, 小早川正樹: ホロー型変調放電管について, 電学研究雑誌, 14 (1964.10) 13—22

図 13 送信原稿濃度～送信装置出力電圧特性

- 4) 奥村宜彦, 多賀敏郎, 阿部隆, 金子元昭: 新しい大形写真電送装置について, NEC, No. 45 (1960.6) 43—51
- 5) 窪田啓次郎, 小林一雄, 岡島嘉太郎, 南保昭吾: 電子的走査による高速ファクシミリ伝送, 昭34電通学会全国大会予稿, 410 (1959.10)
- 6) 窪田啓次郎, 小林一雄, 岡島嘉太郎, 南保昭吾: 電子的走査による高速ファクシミリ, 通研研究実用化報告, 10, 2 (1961) 115—153
- 7) 窪田啓次郎, 小林一雄, 岡島嘉太郎, 南保昭吾: 電子記録紙による高速ファクシミリ伝送, 昭35電気四学会連大予稿, 1725 (1960.7)
- 8) 川口章: 放電記録と導電変換を利用した簡易形模写電送装置, エレクトロニクス, 8, 3 (1963) 286—288
- 9) 小林一雄, 南保昭吾: 静電的記録によるファクシミリ, 昭36電通学会全国大会予稿, 439 (1961.11)
- 10) 小林一雄, 南保昭吾: 静電式ファクシミリ装置について, 昭39電気四学会連大予稿, 1580 (1964.4)
- 11) 小林一雄, 南保昭吾, 水江紀久雄: 静電記録による平面走査ファクシミリ受信機, 昭40電気四学会連大予稿, 1941 (1965.4)
- 12) 小林一雄: ファクシミリ, オーム社 (1964)
- 13) 高倉昭三: PW-12 形写真電送装置について, 警察通信, No. 53 (1959.3) 24—28
- 14) 多賀敏郎, 阿部隆: 指紋電送装置, NEC, No. 56 (1962.10) 86—90
- 15) 窪田啓次郎, 小林一雄: VSB 模写伝送の方式について, 昭33電通学会全国大会予稿, 259 (1958.10)
- 16) 窪田啓次郎, 小林一雄: 残留側帯波模写伝送の方式, 通研研究実用化報告, 10, 1 (1961) 53—70
- 17) 道下久吉, 中尾弘三, 成田文信, 川井一夫: 写真電送における画質改善の方式, 信学誌, 45, 6 (1962) 772—781

テレビジョン 9 月号予定目次

- 【展 望】 最近のファクシミリ技術 (その 2) 特性……………日電 奥 村 宜 彦
- 【解 説】 カラーテレビ照明の実際……………NTV 青 木 久 一
- 【論 文】 UHF テレビ放送機……………神戸工業 徳永靖夫, 柏井 保, 西山弘志
- 電子計算機によるテレビジョン放送運行の機械化……………東芝 星 野 昭 雄
- 【資 料】 テレビジョン共同聴視用 UHF コンバーター……………日本コロムビア 赤坂 極
- 【講 座】 テレビ技術者のためのトランジスタ回路 (第 8 回) サーボ増幅回路……………NHK 中 村 有 光