

ファクシミリの高能率伝送方式

Efficient Transmission Methods of Facsimile Signal

安 田 靖 彦*

Yasuhiko YASUDA

最近ファクシミリの需要が各界で急速に高まっているのに対応して、ファクシミリ系全体で大きなウェイトを占める回線コスト引下げのために各種の高能率伝送方式の研究開発が盛んに行なわれている。本文はこの流れを伝送回線の冗長性を利用する方式と情報源の冗長性を利用する方式とに大別して、総括的に解説したものである。

1. ま え が き

ファクシミリは電信、電話と同様に古くから存在する通信技術であるが、比較的近年に到るまで電話やテレビの著しい発達普及と対照的に、技術的にも普及度においても極めて緩慢な進展しかみられなかった。しかし情報化社会といわれる昨今事情は一変し、ファクシミリの記録通信としての特色が再認識され、装置自体の改良に加えて、コンピュータへの入出力装置、電送新聞、ホームファクシミリ、あるいは加入ファックスなどの新しい利用技術が続々と考案され、官公庁、ビジネス界、産業界、報道界などから個人家庭に到るまで広範な需要が喚起されつつある。ファクシミリ産業を「眠れる巨人」という人もあるが¹⁾、あながち誇張とばかりはいえまい。未だ眠りから完全にはさめていないこの巨人を覚醒させ、情報産業の一翼を担わせることは、産業構造の転換をせまられている我国にとってはとりわけ大きな関心事の一つであろう。

さてファクシミリは電気通信の一種であるから、技術的にも経済的にも、伝送面の占めるウェイトが大きい。テレタイプなどの信号と異ってファクシミリ信号は一般に冗長度が大きく、これがファクシミリのメリットともなっているのではあるが、反面、伝送コストを相対的に高め、その普及をばむ一因となっている。したがって能率的な伝送方式を開発して回線の利用効率を高めるならば、ファクシミリの普及を一層早めるであろうことは疑いのないところである。このため、従来から種々の方式が考案されているが、本文はこの流れを伝送路の冗長性を利用する方式と情報源の冗長性を利用する方式との二つに大別し、これらを総括的に解説しようとするものである。

2. 高能率伝送方式の分類

現在までに開発あるいは提案されているファクシミリの高能率伝送方式は表 1 に示すように分類できる。ここで伝送路の冗長性を利用する方式とは、通信路容量より

表 1 ファクシミリの高能率伝送方式の分類

伝送路の冗長性を利用する方式	{ 高密度伝送方式 { 3 値アナログ伝送方式 4 値デジタル伝送方式 特殊回線による方式 } PCM 回線利用伝送方式
情報源の冗長性を利用する方式	

かなり低い情報伝送速度でしか使用されていない伝送路を、伝送路符号化などの手段で、通信路容量以内で伝送路が受理し得る情報の印加速度を高めようとする方式であって、信号源から発生する情報には何等の処理も加えない。この方式には 3 値アナログ方式あるいは 4 値デジタル方式などいわゆる多値符号化を行なって情報伝送速度を高める高密度伝送方式と、振幅軸方向に情報をもたないファクシミリ信号より本質的に大きな情報をもつ音声伝送を目的として作られた PCM 回線のもつ大きな伝送容量を利用して見掛け上の伝送能率を高める PCM 回線利用ファクシミリ伝送方式とがある。

次に情報源の冗長性を利用する方式とは、ファクシミリ信号が本来もっている大きな冗長度を何等かの形で直接利用する方式であって、このうち冗長度除去方式は、予め適当な処理を行なって冗長度を取除き有意義な情報のみを伝送するものであり、ランレングス符号化方式あるいは可変速度走査方式などがこれに入る。また冗長度利用方式は、冗長性があるために同一回線で多重伝送しても互いの干渉が小さいことを利用する方式であって、擬似ランダム走査による多重伝送方式および瞬時優先順位多重伝送方式などが提案されている。

3. 高密度伝送方式

高密度伝送方式の代表例としてここでは特に 3 値アナログ方式を採りあげてやや詳しく述べる。この方式は、数年前、日本経済新聞社の依頼によって、筆者等が比較的冗長性が少ない上に高品質を要求される新聞紙面電送用広帯域ファクシミリの高速度伝送方式として現段階で最も現実的的方式は何かという問題を種々検討した末、提案し、開発を行なったもので、日本電気株式会社によっ

* 東京大学生産技術研究所 第 3 部

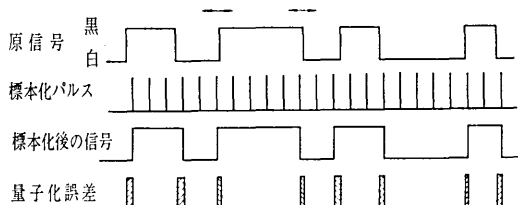


図1 白黒ファクシミリ信号と標本化

て製品化され、すでに日本経済新聞社、朝日新聞社その他多数の新聞社で日々の運用に供されている。

(1) 3 値アナログ方式の原理³⁾

白黒ファクシミリ信号は、図1に示すように振幅軸方向では2レベルに量子化されているが、時間軸方向には量子化されておらず、黒パルスの前縁および後縁が連続的な値をとることによって情報を運ぶ一種のアナログ信号である。このような信号を一定繰返し (f_r Hz) の標本化パルスで標本化して時間軸も量子化されたデジタル信号とすると、図示のような量子化誤差を生ずる。量子化誤差の最大値は

$$\max(n_q) = 1/2f_r \tag{1}$$

分散の平方根は

$$\text{std}(n_q) = 1/12f_r^2 \tag{2}$$

で与えられる。この結果、画面上の文字にギザギザを生じ、見る人に不快な感じを与える。量子化誤差を小さくするには、標本化パルスの繰返し周波数を高くすればよいが、そうすると伝送すべき情報パルスの密度が高くなり、通常のアナログ伝送より伝送速度が低下することになりかねない。各種の実測によると、標本化周波数 f_r を元のファクシミリ信号がもっている最高画周波数 f_m の約4倍にとれば、アナログ伝送と比べ量子化誤差は無視できる程度におさまり、約3倍程度ならば、目にはつくが許容できる程度であるとされている³⁾。

新聞1ページを一度に伝送する紙面電送用ファクシミリにおいては、線密度 300 l/in, ドラム回転数 700 rpm の場合、最高画周波数 41 kHz となる。これを従来の方式では、アナログ信号のまま残留側波帯変調 (VSB) して 60~108 kHz にわたる 48 kHz の群帯域 (基底帯域は約 40 kHz) を使って伝送している。上述の議論から分るように従来の方式の最高情報伝送速度は

$$40 \times 4 = 160 \text{ kb/s} \tag{3}$$

に達しており、これをたとえば2倍に高速化すれば 320 kb/s の情報伝送容量が要求される。この値を現在使用可能となった同じ群帯域での高速度データ伝送サービスの伝送速度 48 kb/s と比較すれば、いかに大変な速度であるかがわかる。したがって、原信号をデジタル化して冗長度除去操作を行なっても、現用のデータ伝送回線では回線における情報伝送速度が低すぎるため、系全体としては高速化することにはならない。

上記のような観点から筆者等は原信号をデジタル化

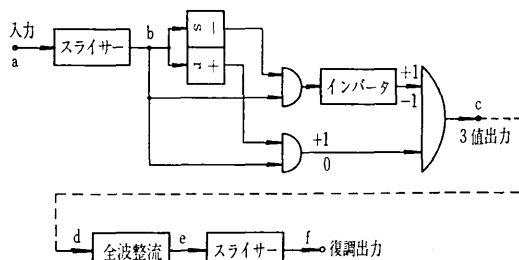


図2 ベースバンドにおける3値変復調ブロック図

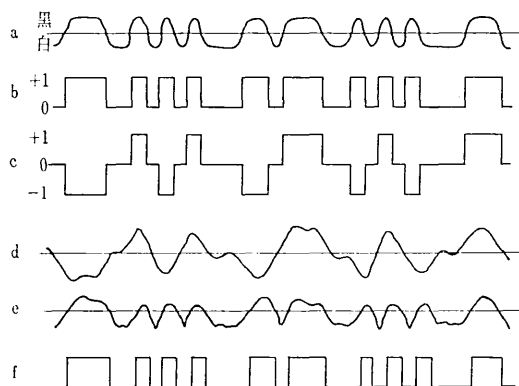


図3 ベースバンドにおける各部波形

することなく、3値化して帯域圧縮をはかり高密度伝送を行なう方式を提案したのであって、その原理は図2のブロック図と図3の波形図に示す通りである。すなわち整形した原2値信号の“1”レベルを、0レベルを間にはさんで交互に“+1”および“-1”レベルに振り分けて3値化する。このとき原信号波形の転換点は3値波形にそのまま保存されているので、3値アナログという名称を付した。受信側では3値信号の0レベルを中心にして全波整流回路で折返すという単純な操作で原2値信号を再現する。

さてこのような信号変換によって帯域圧縮率がどうかの目安は両者の電力スペクトルによってつけることができる。電力スペクトルは信号の性質をどう仮定するかによって変わってくるが、仮りに原2値信号が単位パルス幅 T sec に量子化され、1, 0 の生起確率が等しいとすると、電力スペクトルは

$$\left. \begin{aligned} \text{2値方式: } W(f) &= T \{ \sin(\pi f T) / \pi f T \}^2 \\ \text{3値方式: } W(f) &= 1/2 T \{ \sin(\pi f T) / \pi f T \}^2 (3 \\ &\quad - 2 \cos 2\pi f T) / (9 - 12 \cos 2\pi f T + 4 \cos 4\pi f T) \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

となつて、図は省略するが1/3 近くの圧縮率となる。しかし原信号の転換点の生起がポアソン分布に従うとすれば、圧縮率は0.7程度になる。結局これらを総合して大体0.5程度とみなすことができる。

ところで先に3値波形は2値波形の転換点を保存すると述べたが、この記述は誤解をまねきやすいかもしれない。実際、図3の(c)に示した3値波形を伝送路に印

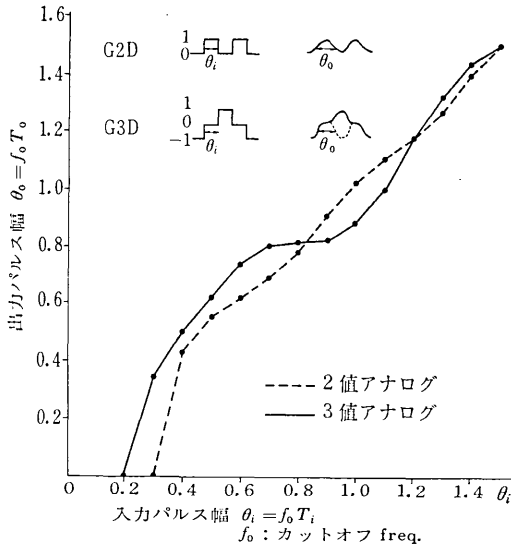


図4 ダブルパルスの場合の入出力パルス幅

加する場合、帯域制限を行わねばならず、その出力は同図 (d) のようになり、かつパルスが密につまっているところでは互の干渉のために変形し、もはや原 2 値信号の転換点情報をそのままの形で保存しているとはいえないであろう。この様子を少し詳しく調べるために、いくつかの代表的 2 値信号パターンとこれに対応する 3 値パターンとを同一カットオフ周波数の理想低域フィルタに通したとき入出力パルス幅の関係がどうなるかを求めた。図 4 はその一例であって、ダブルパルスの間隔が帯域制限効果によってどのように変わるかを示したものである。これから、通常用いられる 2 値アナログ方式より 3 値アナログ方式が確かにより狭いパルスを再現できること、また入出力関係は理想的な直線関係からずれてはいるが、連続性があることなどが分る。このように

連続性が保たれているために、文字などを再現したとき、多少の様な変形は生じてても、時間軸を量子化する方法と違ってギザギザがなくきれいに見えることになる。この事実は非同期方式である本方式の大きなメリットの一つとなっている。

(2) 3 値アナログ方式による紙面電送用ファクシミリの高速度伝送付加装置

図 5 に 3 値アナログ方式を用いた紙面電送用ファクシミリの高速度伝送付加装置の構成を示す。3 値化された信号は 100 kHz の搬送波を振幅変調した後、VSB フィルタでスペクトラム整形を行なって伝送回線に送出される。受信側では先ず 100 kHz の搬送波を位相同期ループで抽出し、これを用いて同期検波を行なう。このとき、局部搬送波の位相を受信搬送波のそれと故意に適当量だけずらせることにより、回線で生じた位相ひずみの一部が極く簡単に補償できることが本装置の特色の一つとなっているが詳細は文献 (2) を参照されたい。さて同期検波器の出力は全波整流回路で折返され、2 値信号が再現される。この折返しレベルを正確に一定レベルに保つため、位相信号区間を利用した自動折返し点設定回路が付加されている。

NEC が製作した本装置の外観を写真 1 に示す。この装置により、同じ群帯域を用いて従来 700 rpm ないし 750 rpm で電送時間約 7 分 40 秒であったものが、1,200 rpm で約 4 分に短縮され、新聞製作の合理化に大いに貢献している。

3 値アナログ方式はいうまでもなく、群帯域以外の回線にも適用可能であり、すでに 240 kHz の超群帯域の紙面電送⁴⁾ならびに音声回線のファクシミリ伝送に本方式を用いた装置が実用段階を迎えている。

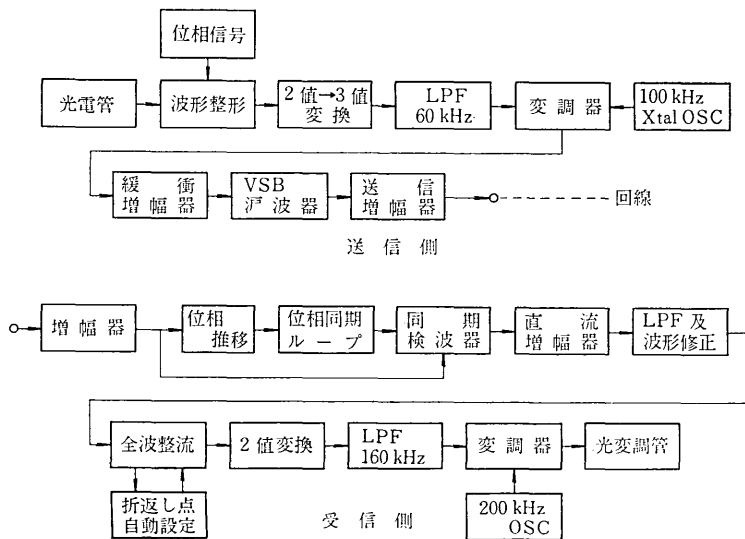


図5 3 値アナログ伝送方式の構成

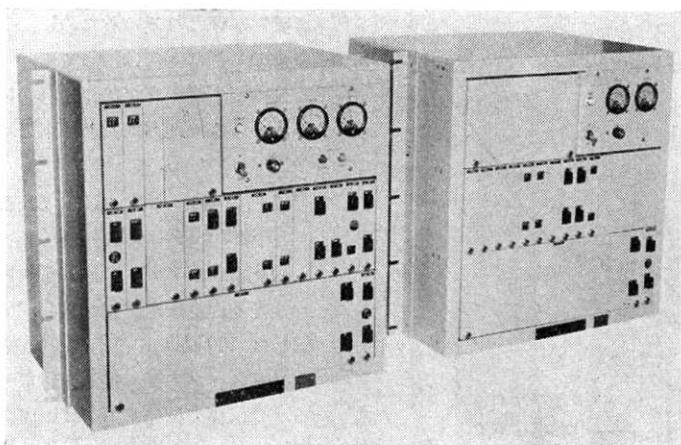


写真1 3 値アナログ方式による紙面電送ファクシミリの高速度伝送付加装置 (右: 送信側, 左: 受信側)

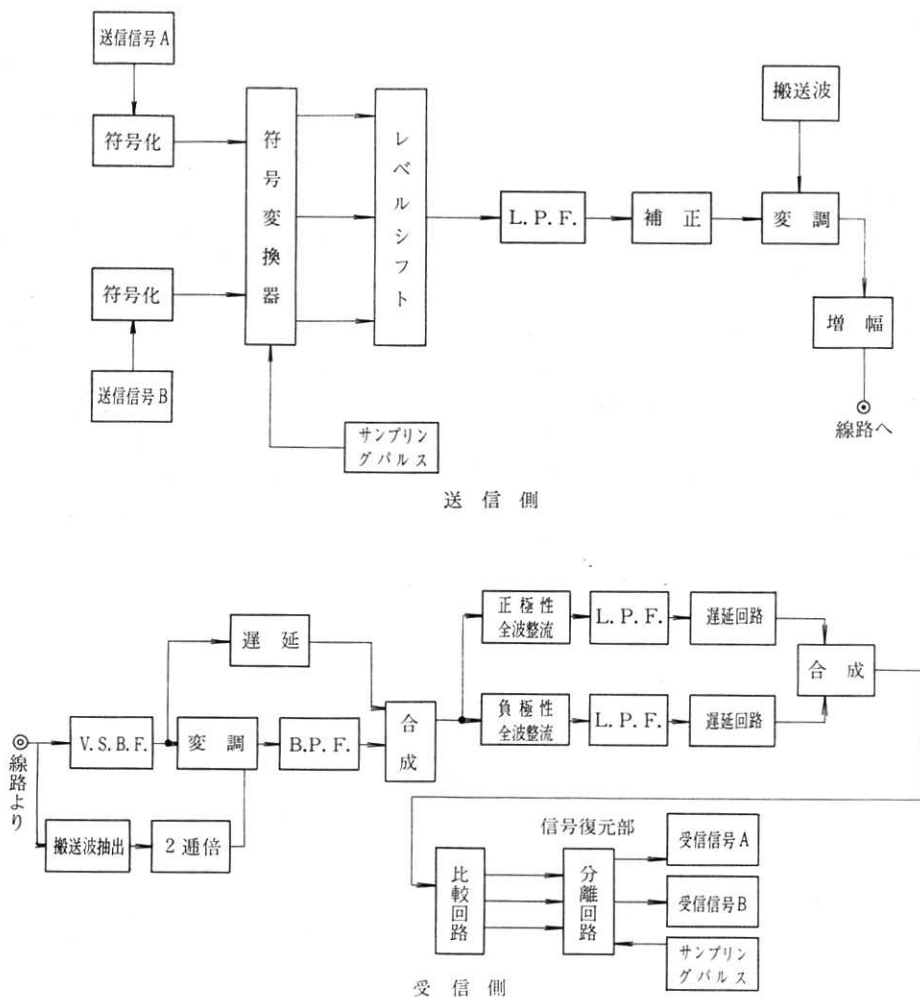


図6 4 値デジタル伝送方式

(3) 4 値デジタル伝送方式

高密度伝送に属するもう一つの方式として、ファクシミリ信号を一定繰返しの標本化パルスで標本化してデ

ジタル化した後、2ビットをまとめて4値の伝送路パルスに対応させ、これを伝送することにより、情報伝送速度を2倍にする方式が考えられている。この方式の具体

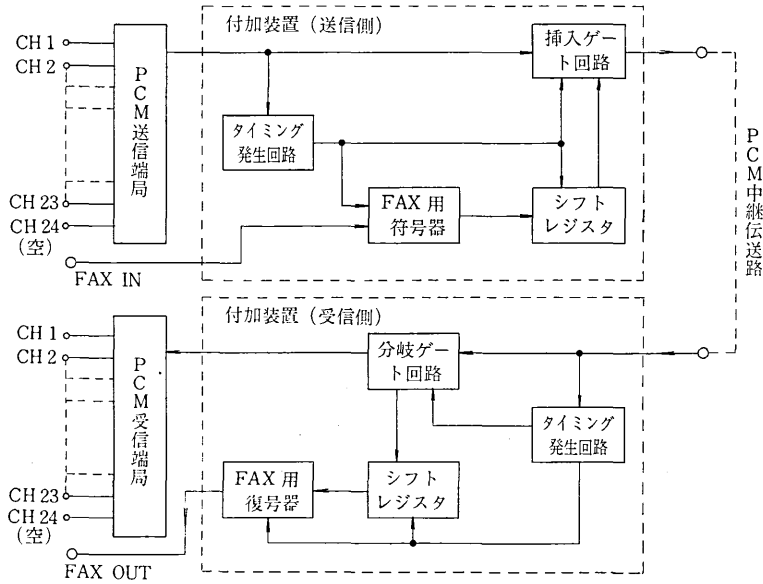


図7 PCM ファクシミリ方式のブロック図

例としては、群帯域の紙面電送用ファクシミリに適用して2チャンネルの多重伝送を行なったTBC伝送方式がある⁵⁾。この方式の送受信装置のブロック図を図6に示す。TBC伝送方式では基底帯域約40kHzに対して、伝送パルスの密度をほとんどナイキストレートいっばいの72kHzにとっているのので、全体としての情報伝送速度は144kb/sとなり、したがってこれを2チャンネルで分けると1チャンネル当り72kb/sとなる。先に述べたように現用2値アナログ伝送では1チャンネル当り最大160kb/s程度の情報を運んでいるから、前記の値はその半分以下となり、再現された文字にギザギザが目立ってしまう。この現象を軽減するためにTBC伝送方式では、標本化パルスとドラムの回転とを同期させ、主走査線方向に垂直な横線は常に同じ位置で標本化されるよう工夫している。

ところで本方式ではデジタル伝送で単位帯域当り約3.6b/sの情報伝送速度になっている。わが国の音声回線あるいは群帯域回線で、実用に供されているデータ伝送においては、単位帯域当り1b/s前後に過ぎず、これを2~4b/sまで高める高密度伝送は未だ研究開発段階にあり、米国においても最近になって、やっと複雑な自動等化器をつけた203データセット⁶⁾において上記の値を達成した実用機が開発されたばかりである。したがってTBC方式の伝送速度は相当なものであり、これが安定に動作するとすれば、単にファクシミリのみではなく一般のデータ伝送その他にも益するところが大きいはずである。

4. PCM回線を利用した高速度伝送

PCM方式はFM方式などと同様に元来広帯域変調、

すなわち原情報を原情報帯域の数倍に拡がる伝送信号に変換して伝送し、伝送帯域の犠牲において、信号対雑音比、伝送ひずみに対する耐性その他を高めようとする方式である。実際、現用の短距離24チャンネルPCM方式においては、0.3~3.4kHzの周波数帯域をもつ音声信号を64kb/sのデジタルパルスで伝送している。したがって、PCM回線で白黒ファクシミリのように振幅軸方向の情報が少ない信号を伝送すれば、当然見掛けの伝送速度を高めることができる。

この例として、PCM-24方式の音声1チャンネル分に相当する64kb/sのパルス列にファクシミリ信号をのせる方式が提案され、実験されているので簡単に紹介しよう³⁾。

方式のブロック図は図7に示すとおりで、連続的に到来する標本化されたファクシミリ信号を、繰返し8kHzで8ビットブロックにまとめ、間けつ的なPCMの特定チャンネルに挿入するため、ちょっとした工夫がされている。

本方式では音声1チャンネル分で、アナログ伝送と同程度の質をうる場合には、最高画周波数16kHz、またある程度のジッタを許容するときは32kHzまでのファクシミリ伝送が可能である。

なお特にジッタの小さい良質の伝送を行なう必要がある場合には、ファクシミリ信号を単に高密度標本化する方法では伝送能率が悪い。このような場合には非同期データ信号のPCM伝送に関して最近提案されたデュアルモード方式⁹⁾などを用いればより有効であろう。

5. 冗長度除去伝送方式

冗長度除去伝送方式は例外なくファクシミリ信号の統

計的性質を利用して帯域圧縮をはかるものである。周知のように毎秒 R 個の“0”または“1”を生起する 2 進情報源がとりうる最大の情報発生容量は“0”，“1”の生起確率が $1/2$ で、各シンボルが互に独立である場合に生じ、その値は R b/s である。実際のファクシミリ信号は、信号発生機構に強い拘束があって、通常はこの最大情報発生容量よりかなり小さい情報しか発生していない。これに対し通常の伝送方式では回線の情報伝送容量をこの最大情報発生容量以上に選んでおくので、常時は非常に無駄をしているわけである。これを避ける方策は二つ考えられる。第一は何等かの平均化操作を導入し、情報源の活動の山をけずって谷をうめ全体的に発生する情報をならす。こうすれば、必要とする回線の情報伝送容量すなわち周波数帯域を下げて差支えない。この方法では原情報源と伝送路との間に平均化操作のための情報記憶機構が必要になる。第二の方法は、原情報源を変形して、常時、最大速度の情報を発生するようにし、伝送時間の短縮をはかるものである。

(1) ファクシミリ信号の統計的性質

冗長度除去方式では信号処理の都合で通常原信号を量子化標準化して取扱うのが普通であるので、統計的性質もデジタル化した信号について考えることが多い。これまでも多数の研究者によって統計的性質の測定が行なわれているが、ここでは文献 (8) を引用してごく簡単にその特徴的性質を述べておこう。

(i) 黒信号発生確率

通常のファクシミリ画面では黒信号の発生確率はかなり小さいのが普通で大体 0.03~0.1 の範囲である。

(ii) 隣接画素間の相関

白信号の隣接画素が白信号である確率はきわめて大きく、0.95~0.99 に達している。また黒信号の隣りが同じく黒信号である確率も 0.6~0.8 程度で $1/2$ より大きい。

(iii) ランレングスの確率分布

黒または白の連続した連なりをランというが、ランの長さの分布は、画面の性質、黒のランか白のランかによってかなり違ってくる。一般的傾向としてはポアソン分布に近く両対数グラフに描くと右下りとなり、長さ 1 また 2 程度の短いランの頻度が最も高く、黒のランでは長さが長くなるにつれてその発生確率は低下する。一方白のランは比較的長いものまでかなりの確率をもっている。

(2) ランレングス符号化方式

ランレングスの最大長は有効画面の大きさと線密度できまる有限の大きさ、たとえば M をもつ。したがって見方を変えるとファクシミリは 1 から M までのランをそれぞれアルファベットの文字とする多元情報源とみなすことができる。これを符号化する一つの方法は長さ \log_2

M の単純 2 進符号を用いるものである。各アルファベットの発生確率が相等しいときにはこの方法が最適であり、符号化しないで伝送する場合に比べ、圧縮比

$$\frac{1}{2} (M+1) / \log_2 M \quad (5)$$

が得られる。しかし発生確率の異なるときは、もはや最適ではなく、とくに各ランの発生がポアソン分布に従うときには帯域圧縮効果は全くない。このような場合最適な情報源符号化の方法として古くから Shannon-Fano の符号化あるいは Huffman の符号化が知られている。単純 2 進符号では各アルファベットを同一長の 2 進符号に対応づけるのに対し、この方法では各アルファベットの発生確率の逆数の対数に比例した符号長の 2 進符号化を行なうものであるが、回路構成上原理をそのまま適用するのは困難だから、具体的符号割当て法には種々の工夫が行なわれている。一例として日立製作所が発表した方式⁹⁾をとりあげて簡単に説明しよう。この方式では最大 1,023 までのランを 5 階級に分類し、それぞれに長さ 3, 6, ..., 15 ビットの 2 進符号を対応づけている。符号はビット単位で、その第 1 ビットは黒白の判別(黒 1)に、第 2, 第 3 ビットはランの長さを表わす。今黒のラン長 28, 白のラン長 5 のファクシミリ信号をこの方式で符号化すると図 8 に示すようになる。方式の構成は図 9 の通

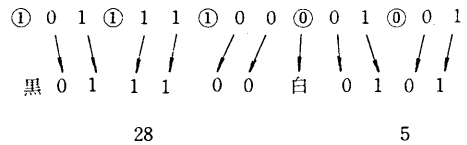


図 8 ランレングス符号化の例

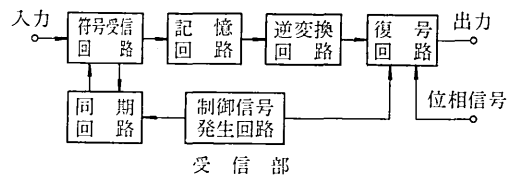
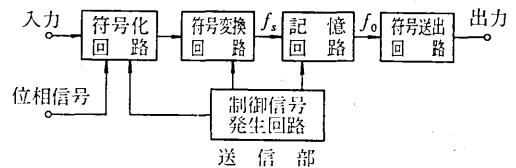


図 9 ランレングス符号化帯域圧縮伝送方式の構成

りで、記憶装置は 6k ビットの MOS IC からなっている。音声回線を対象にしており、回線上の伝送速度は 1.6kb/s (2.4kb/s), 伝送する画面の複雑さに応じて帯域圧縮比はそれぞれ 2, 3, 4, 6, 8, 10 の 6 段階の切換えができるようになっている。

ところで、ランレングス符号化方式ではバッファメモリの設計が最重要問題となる。図 9 に示したように情報

源から発生する情報の瞬時速度 f は大きく変動するので情報は一旦バッファメモリに蓄積し、これを伝送路に整合した一定線返し f_0 で読み出して伝送する。したがってバッファメモリがオーバーフローを起すと受信側で画面を正しく再現することは不可能になる。そこで f_0 は少なくとも f の平均値 \bar{f} を越えていなければならない。この差を大きくすると、記憶容量は小さくすみ、その限りでは経済的であるが、帯域圧縮率は低くなる。また反対に f_0 を \bar{f} に近づけるにつれて必要な記憶容量は急速に増大する。現実の装置ではそこに適当な妥協点を見出すことになるが、有限のメモリを使って帯域圧縮をはかるかぎり、どうしても複雑な、都合の悪い画面では、オーバーフローを起すというジレンマが生ずる。装置によってはメモリを監視して、オーバーフローが起りそうになると、走査を停止して情報を発生させないようにすることも試みられているが、一般的ではない。

(3) 可変速度走査方式

この方式は、ファクシミリ信号の情報発生量の大きいところは通常速度で、また小さいところは早く走査することにより平均の走査時間したがって伝送時間の短縮をはかるものである。具体的には白黒変化点以外を高速で走査する方法と、ランをその長さの大小によって数グループに分け、ラン長の短いグループは通常早さで長いグループは、高速で走査する方法とが考えられている¹⁰⁾¹¹⁾。

この方式は大容量メモリを必要としない点が魅力であるが、可変速度走査の送受信機を前提としており、ライングスポットスキャナーのように特殊で高価な画像処理装置は別として、従来のファクシミリには適用できなかった。しかし最近では実用的な電子走査送受信機の開発も進んでいるから、今後は一つの有望な方式といえよう。

6. 冗長度利用伝送方式

ここで述べる方式は冗長度を除去するというよりも、これを積極的に利用して、等価的に帯域圧縮をはかるものであり、以下に示すように対照的な二つの方式がある。

(1) 擬似ランダム走査による帯域圧縮多重伝送方式

先にみたように一般のファクシミリ信号では黒信号の

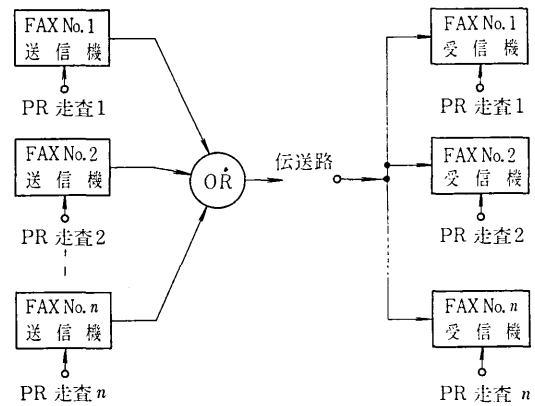


図 10 擬似ランダム走査多重伝送方式

発生確率は白信号のそれより著しく低い。したがって図 10 に示すように n 台のファクシミリ送信機をそれぞれ独立に擬似ランダム走査し、その出力を単に論理和をとることによって重畳して 1 チャネル分の回線で伝送し、受信側では n 台のファクシミリ受信機をそれぞれの送信側に対応する擬似ランダム走査を行なって復原すると、他チャネルの黒信号は走査方式が異なるため元に戻らず分解されて画面全体に背景雑音として散らばる。したがって見にくくはあるが、自分に送られた送信情報を判読することは十分可能である。この方式では画質の劣化を許容しさえすれば相当数のチャネルの同時伝送が可能であり、しかも多重度をあげるにつれて劣化は段階的に大きくなって行き、特定多重度以上を拒絶するというものではない¹²⁾。この方式は図 11 に示すように擬似ランダム走査の代りに通常走査ファクシミリ送信機の出力パルス系列を一定ブロック内で擬似ランダムに順序入替えを行っても同等の効果を発揮する。しかもこの方法を用いると適当な符号化によって、他チャネルからの妨害黒信号の多くを取除くことができ、さらに孤立点除去などの信号処理を加えると画質を著しく向上させることが可能となる¹³⁾。

すなわち単に擬似ランダム入替えのみを行なって多重化した場合、他チャネルからの妨害によって生ずる背景黒点の生起確率 E は次式で与えられる。

$$E = (1 - (1 - p)^{n-1})(1 - p) \quad (6)$$

ただし、 n は同時伝送チャネル数、 p は全画面に対する

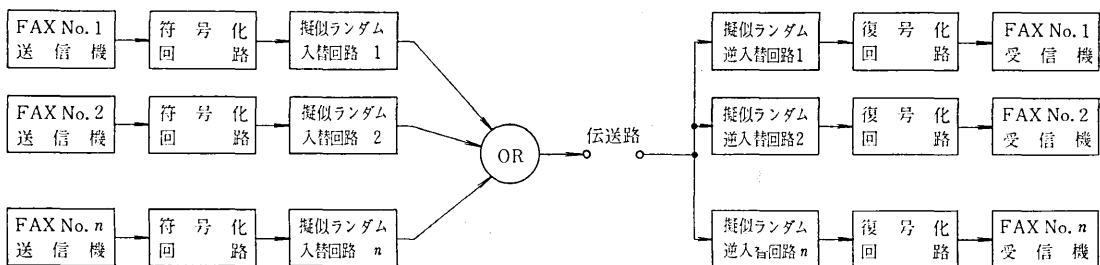


図 11 擬似ランダム順序入替えによる帯域圧縮多重伝送方式

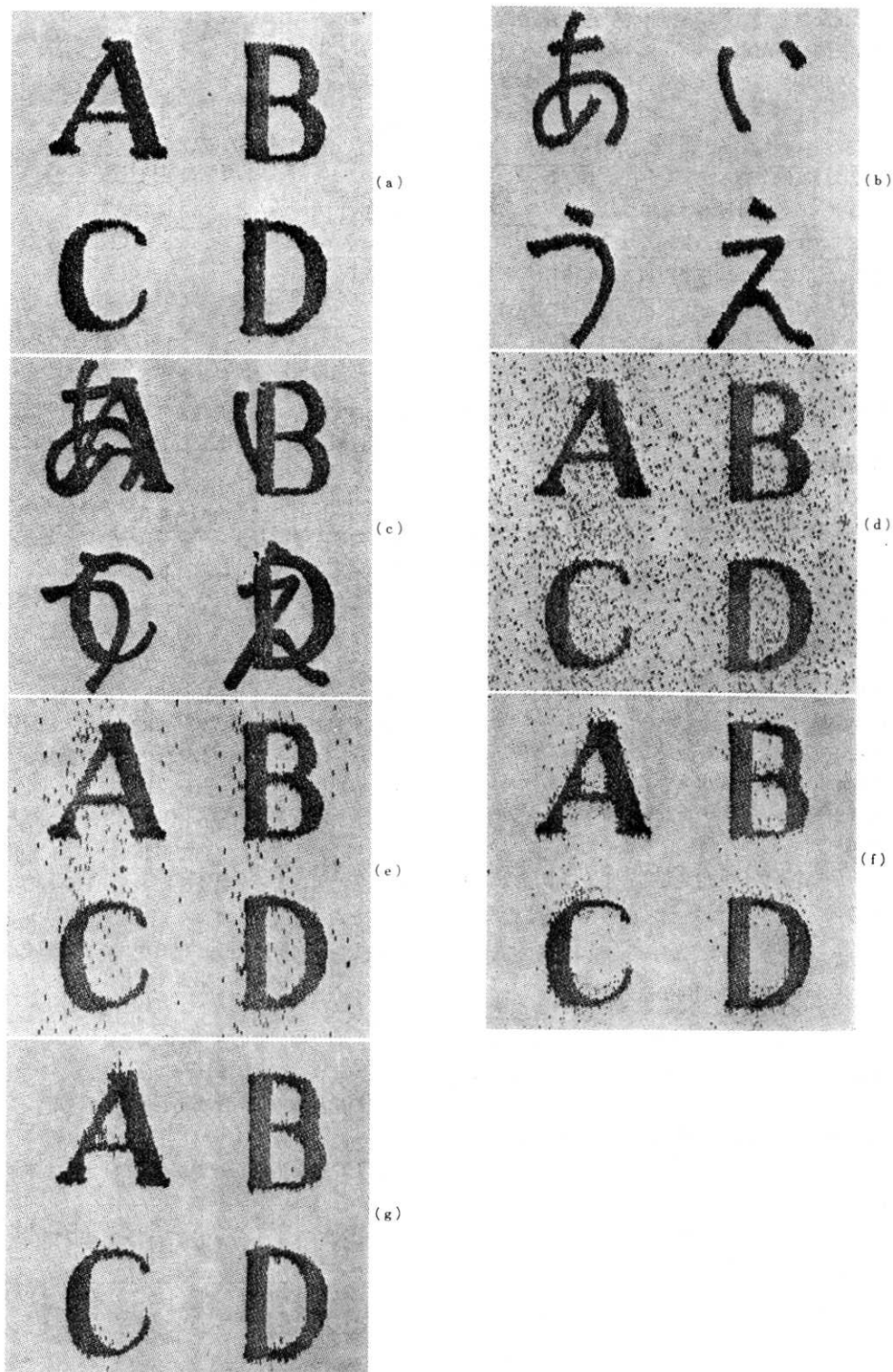


写真2 擬似ランダム順序入替えによる帯域圧縮多重伝送方式の実験結果

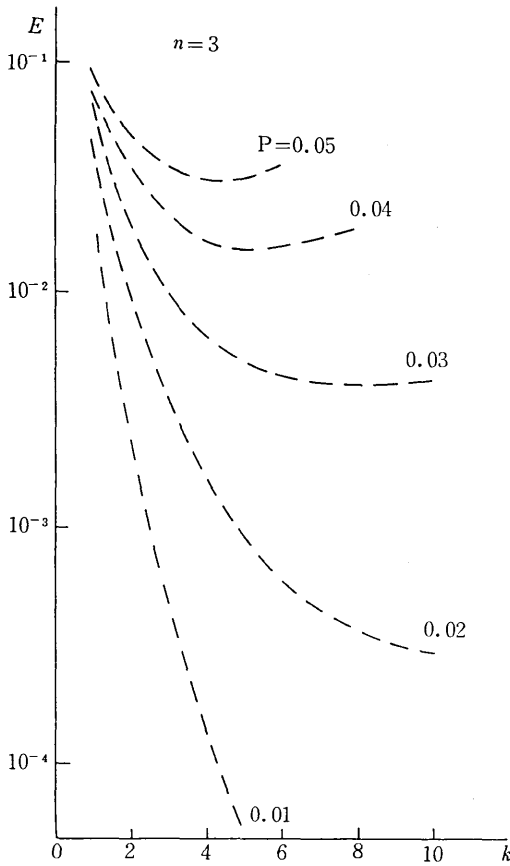


図 12 誤り確率

黒部分の割合を表わす。

一方、パルス数 k からなる符号を用いてアドレス符号化を行なうと、背景黒点の生起確率は

$$E = (1 - (1 - p)^{nk-1}) \cdot (1 - p) \quad (7)$$

となり、図 12 に一例を示すように符号化なし ($k=1$) の場合より大幅に黒点が増加する¹³⁾。写真 2 は筆者などが行なった実験結果の一部であって、(a)、(b) は同時伝送する二つの原画、(c) は 2 チャンネルを単に OR で重ねた場合の受信画、(d) は擬似ランダム順序入替えを行なって重ねたときの受信画、(e) はこれに孤立点除去

操作を行なったもの、(f) は $k=3$ の符号化を行なった場合の受信画、(g) は (f) を孤立点除去した最終的受信画である。

(2) 瞬時優先順位多重伝送方式¹⁴⁾

前項で述べた擬似ランダム走査による多重伝送においては多重化した全チャンネルの黒信号はすべて落さず伝送するのに対し、ここで述べる瞬時優先順位多重伝送方式 (IPM 方式 instantaneous priority multiplexing) は、ファクシミリ信号の黒発生確率が小さいことを利用する点は同様であるが、いくつかのチャンネルで同時に発生する黒信号の一つだけを適当な優先順位に従って選択し、チャンネル識別のためのアドレス符号を付与して伝送するものである。したがって受信画面は背景雑音はない代わりに、情報の一部が欠落することになる。この方式の構成は図 13 に示す通りであって、 N チャンネルをこの方法で多重化するときの帯域圧縮率は

$$C = \frac{N}{\log_2(N+1)} \quad (8)$$

で与えられる。ただし、アドレスは 2 進符号を用いるとし、全チャンネルとも白信号のときは全 0 符号を送出している。優先順位の取り方には、ランダム方式と順番方式とが考えられるが、実験によるとどちらも大差なく回路の簡単さから後者が優れている¹⁵⁾。

IPM 方式の特徴は記憶装置を必要としない点であるが、圧縮率は擬似ランダム走査方式より低い。また背景雑音と信号の欠落のどちらが受入れやすいかという問題もある。筆者の印象ではむしろ背景雑音があっても信号の欠落がない方が読みやすいように感じられる。

7. む す び

まえがきにも述べたように、ファクシミリの普及度を一層早めるための方策の一つは回線コストを引下げることであり、この意味で高能率伝送方式の研究、開発が各所で強力に推進されているのは当然である。本文は回線をより効果的に利用するためのいくつかの代表的手法を高密度伝送方式と帯域圧縮伝送方式の二つに大別して現

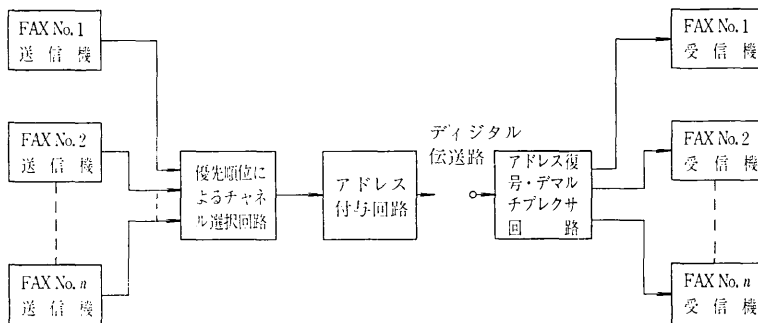


図 13 IPM 方式のブロック図

状を述べた。これらの方式は互に対立するものではなく、むしろ両者を連結して使用すれば、より効果的となる場合が多い。たとえば、純理論の見地からすると、ランレングス符号化方式が最適であることは明らかである。しかしこの方式で 1/3 に圧縮したとしても、群帯域回線のアナログ伝送は先に述べたように 160 kb/s 程度の情報を選んでおり、現在利用できるこの帯域のデータ伝送回線の伝送速度 48 kb/s では実質 144 kb/s となり、帯域圧縮どころか伝送速度が低下する。このようにアナログファクシミリ信号をディジタル化した後に処理を加える帯域圧縮方式は、PCM 回線などともディジタルな回線に適用すると効果が大きい、アナログ伝送を行なっていたものに対抗する場合は系全体として果して効果があるかどうかを慎重に見極めることが必要である。しかし、SNR の高いアナログ回線で効果的データ伝送を行なう高密度伝送方式が現在関係方面で開発中であるから、将来この装置と一体化できるようになれば、ランレングス方式は有効になると思われる。(1972年1月29日受理)

文 献

- 1) S. G. Campbell: "Facsimile Transmission Systems" Proc. of ICC 1971, pp. 7-12
- 2) 野村・安田・村田・野辺田: 紙面電送用広帯域ファクシミリの高速度伝送方式, 生産研究第 21 巻第 4 号 p. 109 (昭和 44 年 4 月)
- 3) 山本・小林・吉田: PCM 回線による高速ファクシミリ伝送, 電子通信学会通信方式研究会資料 No. CS 71-28 (1971-06)
- 4) 梶・細川・古賀・奥平: "SG 帯 3 値ファクシミリ伝送装置" 電子通信学会通信方式研究会資料 CS 71-107 (昭和 46 年 12 月)
- 5) 田中: TBC 伝送方式, National Technical Report 第 14 巻第 5 号 p. 353 (昭和 43 年 10 月)
- 6) L.N. Holzman, W.J. Lawless: Data Set 203 a new high speed voiceband modem, IBM Journal. Sep. Oct. 1970, p. 25
- 7) 井上・佐藤: PCM 方式による高速データ伝送の一符号変換方式, 電子通信学会通信方式研究会資料 CS 68-29 (1968-11)
- 8) 山本: ファクシミリ信号の統計的性質と帯域圧縮に関する一検討, 通研実報第 16 巻, 第 5 号, p. 905 (1967)
- 9) 中山・末広・松本: Run Length 符号化による帯域圧縮の一方式, テレビジョン学会録画研究会資料 No. 15 -1 (昭和 45 年 12 月)
- 10) R.E. Haynes, D. T. Hoyer: Stop-Go Scanning Saves Spectrum Space, Electronics Sep. 26, 1958, p. 84
- 11) A. Beltrami & V. Mosca, "High-Speed Visual Communication over Existing Telephone Networks" IEEE Trans. Vol. COM-17, No. 3, p. 395 (June, 1969)
- 12) T. S. Huang, O. J. Tretiak: A Pseudorandom Multiplex System for Facsimile Transmission, IEEE Trans. Vol. COM-16, No. 3, p. 436 (June, 1968)
- 13) 安田・古賀・山内: 擬似ランダム順序入替によるファクシミリの帯域圧縮多重伝送方式, 電子通信学会, 通信方式研究会資料 No. CS 71-27 (1971-06)
- 14) D. Seitzer, F. Closs, P. Stucki: An Experimental Approach to Video Bandwidth Compression by Multiplexing, IEEE Trans. Vol. COM-17, No. 5, p. 564 (Oct. 1969)
- 15) P. Stucki: Limits of Instantaneous Priority Multiplexing Applied to Black-and-White Pictures. IEEF. Trans. Vol. COM-19, No. 2, p. 169 (Apr., 1971)

