

ファクシミリ信号帯域圧縮装置

Reduced Time Facsimile Transmission

末 広 明 雄* 松 本 国 男*
Akio Suehiro Kunio Matsumoto

要 旨

ファクシミリ信号の統計的性質に着目し、情報の冗長を除去することにより圧縮を行なうファクシミリ信号帯域圧縮装置を開発した。この装置をファクシミリ装置に付加することにより、所要伝送周波数帯域を増大させることなく伝送速度を2~6倍に向上することが可能となる。

1. 緒 言

最近、情報化社会の進展に伴い、ファクシミリによる書画伝送の需要が急激に伸びつつある。これは書画が形を変えずにそのまま正確に迅速に遠隔の地に伝送できるためである。

ファクシミリ信号を遠隔の地に伝送する場合、伝送路の所要周波数帯域は伝送速度に比例し、早く伝送しようとするればそれだけ広い周波数帯域を必要とする。

ファクシミリ信号帯域圧縮装置はこの点に着目し、情報を圧縮して伝送周波数帯域を増大させることなく高速のファクシミリ伝送を行なう装置で、方式的にはいろいろ考えられている。

今回はファクシミリ信号の統計的性質に注目し、情報の冗長を除去して圧縮する方法を取り上げ、コンピュータによるシミュレーションでその効果を検討した。その結果、書画の種類にもよるが1/2~1/6の高圧縮率が期待され、伝送周波数が一定で2~6倍の高速化が可能となる。これに基づき本方式の帯域圧縮装置を製作し所期の成果を収めることができた。

本報告は書画信号のもつ統計的性質、圧縮の考え方、装置の性能について述べる。

2. 圧縮の基本原理

ファクシミリは原稿の紙面に光をあて、これを順次走査して書画の白黒情報を検出し、光電変換して電気信号を得ている。

走査は紙面に書かれている情報には無関係に左から右へ、上から下にと一定速度で忠実に行なわれている。

このようにして得られるファクシミリ情報は通常の書画では、図1に示すようになんにも書かれていない白信号が大半で、黒の発生確率は非常に小さい。ファクシミリ装置はこの信号をそのまま伝送路に送出するが、この場合、白黒の最高変化速度に相当する伝送周波数帯域を確保する必要がある。

このようにファクシミリ伝送は情報の最高の発生速度の通信容量をもつ伝送路を用意して間欠的に伝送する非効率な伝送方式といえよう。

以上のようにファクシミリ信号は瞬時的には大きな発生情報をもつが、平均的には少ない情報であるから、信号を一時メモリに蓄積し平均化して遅い速度で伝送すれば、帯域圧縮を行なったことになる。図2は帯域圧縮の原理を示したものである。ここで示すバッファメモリは一種の速度変換機能をもっている。

3. ファクシミリ信号の統計的性質

帯域圧縮装置は前述のようにファクシミリ信号の白黒の継続する時間 (Run Length) の統計的性質を利用しているため、圧縮率や

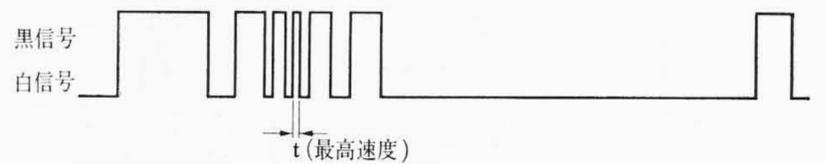


図1 ファクシミリ信号

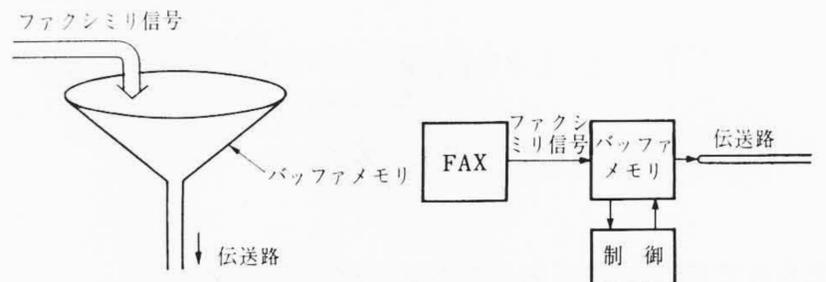


図2 帯域圧縮の原理

表1 白黒の発生確率

原 画	P (B)	P (W)
電 報 文	0.036	0.964
図 面	0.031	0.969
手 書 文	0.051	0.949
英 文	0.028	0.972
ファクシミリテストパタン	0.100	0.900

(P(B) 黒の発生確率 P(W) 白の発生確率)

バッファメモリの記憶容量を算定するには画面のもつ統計的性質をじっくり把握(はあく)する必要がある。この問題については従来から Run Length の確率分布の測定が行なわれており⁽¹⁾、ほぼポアソン分布をなすことが知られている。

ここで各種の書画のファクシミリ信号を符号化してコンピュータにより圧縮比、メモリ容量などを計算し、圧縮の可能性について検討する。

3.1 Run-Length(RL)の分布

表1は代表的な書画の黒および白の発生確率で、白黒変化の激しいファクシミリ用のテストパタンでも黒は全体の10%にすぎない。また相関を表わす条件付確率PW(W)、すなわち白の次にまた白である確率は0.96~0.99に及び、一方、黒のてたあとまた黒である確率PB(B)は非常に小さい。

また書画の視覚情報に最も寄与すると考えられる白から黒またはその逆への変化確率も0.02~0.08で10%以下である。

図3は黒または白の継続する時間、すなわちRLの分布を計算し

* 日立製作所戸塚工場

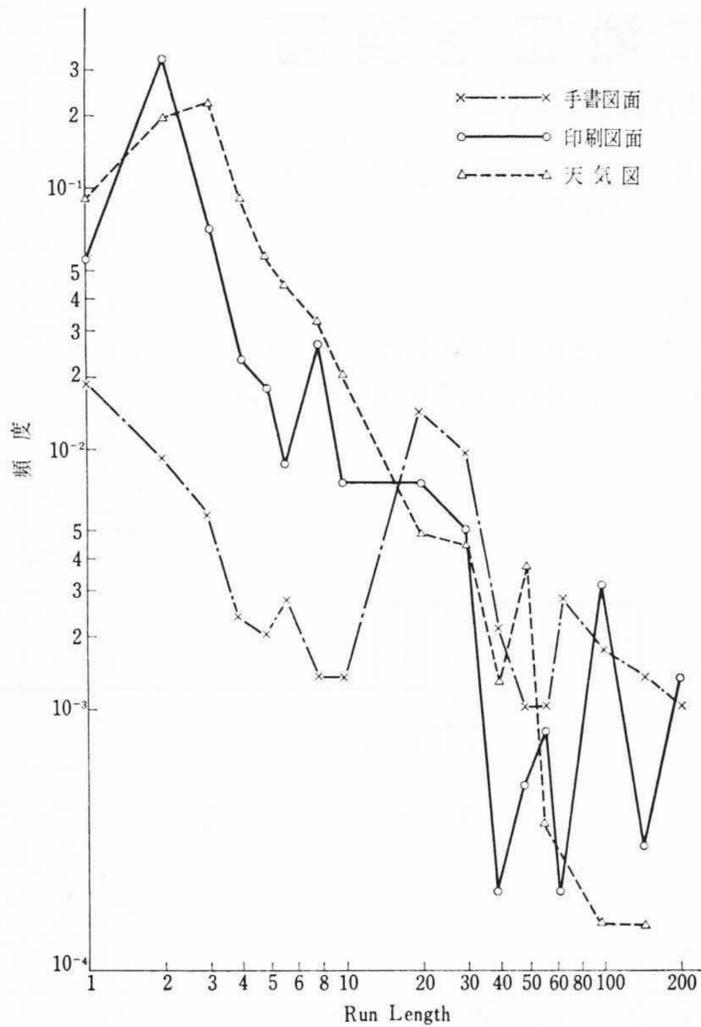


図3 RLの頻度分布

たものでRLが大きくなるにつれ、急激に減少する。

3.2 符号化

ファクシミリは前述のように、RLの発生する情報源とみなすことができる。RLをそのまま一つの通報とみなし、符号化を行なうことにより情報を圧縮することができる。またRLの種類は無限でなく紙面の大きさと線密度で定まる有限な値である。たとえば、B-5版紙サイズ(182×257mm)を短辺方向に4本/mmの線密度で走査するとRLの最大値Mは

$$M = 182 \times 4 = 728$$

である。(全部白または黒に相当)

RLを符号化する方法には次の3とおりがある。

- ① 単純2進符号化
- ② Shannon-Fanoの符号化
- ③ 分割符号化

①の単純2進符号化はRLを単純に2進符号化し、一定の符号長で表現する方式である。

②のShannon-Fanoの符号化は、RLの統計的性質に注目しRLの頻度(ひんど)に応じて符号長を可変する方法である。すなわち、発生頻度の大きいものには短い符号長、小さいものには長い符号長を与え、能率のよい符号化ができることが知られている。この方法は圧縮率は単純2進符号化の2~5倍となるが、電氣的に実現する手段が複雑となる。

③の分割符号化は、①と②の中間的な手法でRLの大きさにより符号長を何段階かに分割する方法である。図4は単純2進符号化と分割符号化の圧縮比をコンピュータシミュレーションにより計算した結果で、分割数を大きくとれば圧縮比が改善されることが予想される。図5は単純2進符号化を1としたときの改善度を示したものである。今回、製作したものは装置の簡易化の面から5分割程度が適当であると考え、3ビットグループの分割符号化方式を採用した。したがって、たとえばRL=1,024を単純2進符号化で行なえば10

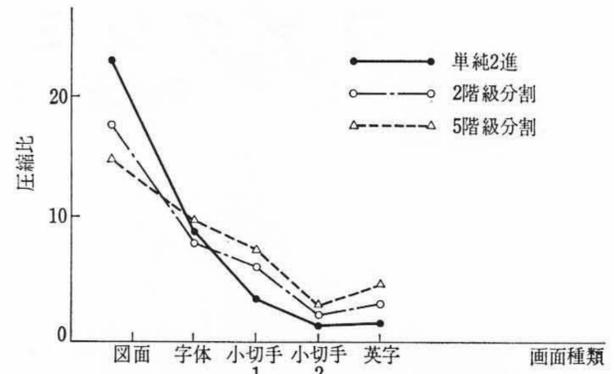


図4 圧縮比

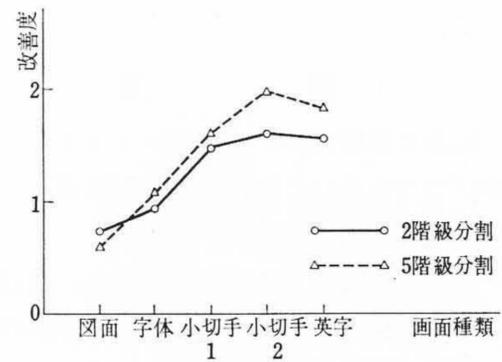


図5 圧縮比改善度

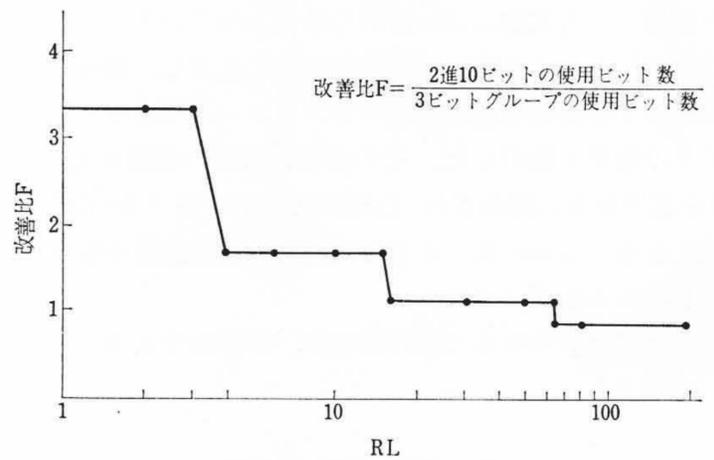


図6 3ビットグループ分割方式の改善比

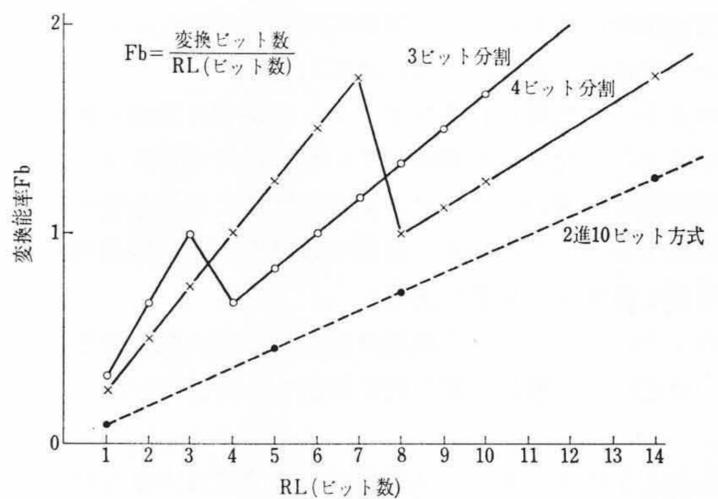


図7 ビット分割における変換能率

ビットですむが、この発生確率は非常に小さいため、分割符号化では15ビットを割当て、逆に発生頻度の集中する3以下のRLに対し3ビット(単純2進符号化では10ビット一定)を割り当てている。図6および図7はこの符号化の2進符号化に対する改善度を示したものである。

3.3 メモリの記憶容量

発生したファクシミリ信号は符号化により圧縮され、この情報は伝送路に整合した伝送速度に変換するためにメモリに蓄積する。メモリの記憶容量は1画面(B5版紙サイズ, 4本/mmで約100万ビット)分用意する必要はなく、蓄積しながら同時に伝送路に読み出し送出手のためにその差の記憶容量をもてばよい。図8はこの関係を説明した図で、ファクシミリの走査開始とともにメモリ入力情報IFは発生し時間的に順次蓄積されていく。

一方、伝送路に送出する情報Cはメモリより一定速度で読み出すために図の直線Cとなる。したがってメモリの必要な記憶容量はIFとCの差のM₁となる。ファクシミリの情報発生速度より伝送路の速度が大きいとき図のAとIFの関係になり、伝送開始時刻をおくらせるとBとIFの関係になり、この場合メモリの必要な記憶容量はM₂となる。

これは相当大きな記憶容量で実用的ではない。ここで伝送速度を

適度に大きくしてメモリの記憶量を常に監視して

$$IF - A \leq 0$$

になったとき、すなわちメモリの内容がからになったとき伝送路への情報送出を停止し、間欠的に情報伝送を行なえば、図9に示すようにAはIFにそって伝送することになり、メモリに必要な記憶容量はきわめて小さくてすむことになる。

実際の装置では伝送路上での信号の中断を防止するためにメモリより読み出し、停止時には無意味なダミーコードを送出している。

図10は可変速度の概念よりメモリ容量をコンピュータで計算した図で、小切手(2)の特殊な画面を除き、10Kビット以下の記憶容量があればよいことを示している。

なお、小切手(2)は画面のバックにしま模様があり、これにより情報が增加しているためである。

上記の測定を行なった各画面の実例は、図11~15に示すとおりである。

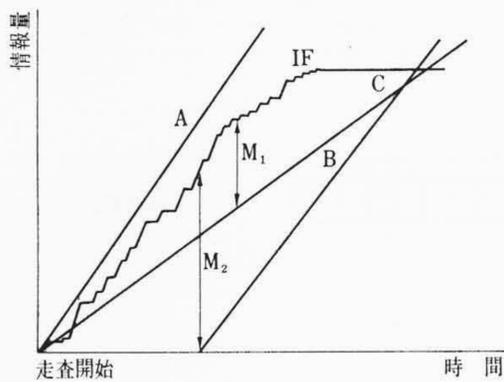


図8 メモリ容量の説明

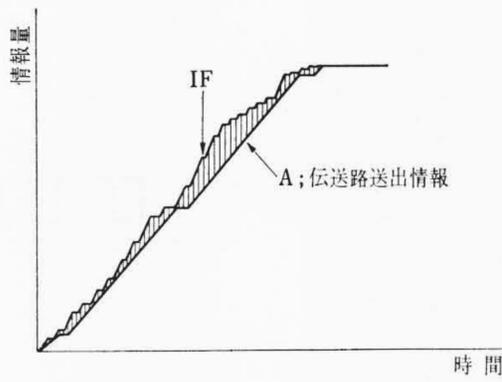


図9 可変伝送速度メモリの蓄積状態

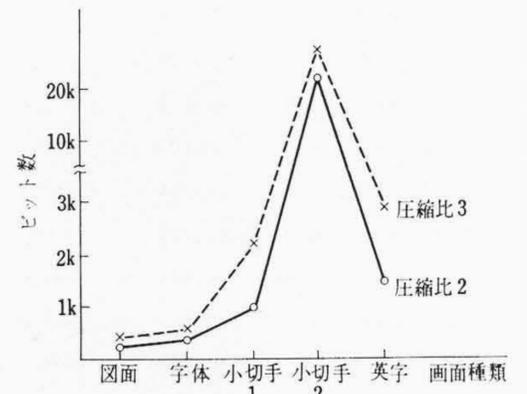


図10 メモリ容量(可変・伝送速度)

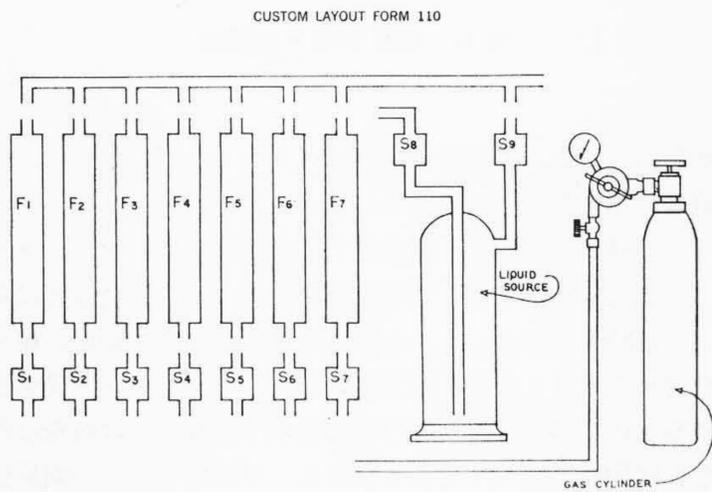


図11 測定に用いた図面の例 (×1/2)

日立火力発電用機器

日立工作機械

日立交流電車

日立モートル

日立テレビ

図12 測定に用いた字体の例 (×1/2)



図13 測定に用いた小切手(1)の例 (×1/2)



図14 測定に用いた小切手(2)の例 (×1/2)

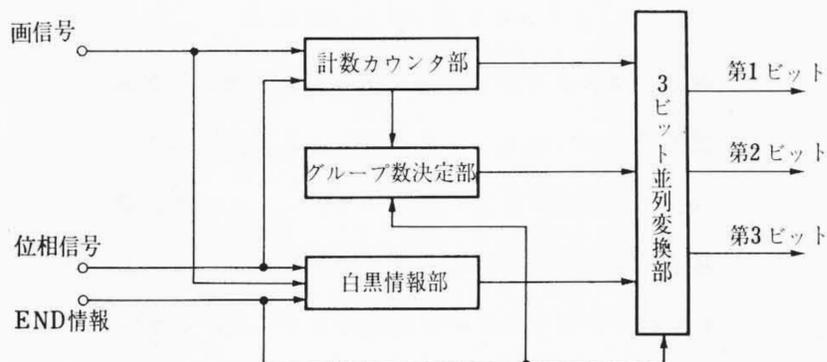


図18 符号化および符号変換回路構成図

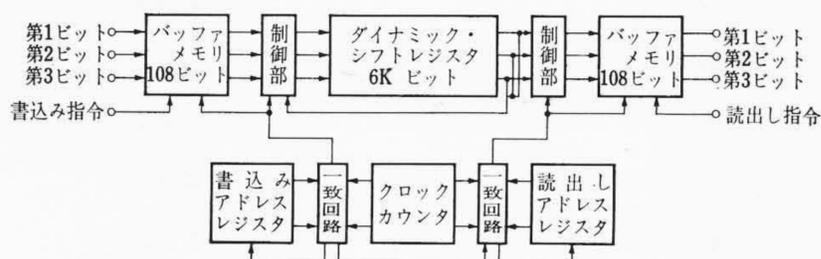


図19 記憶回路構成図

(2) 同期信号

ファクシミリ装置の送信部より送られた各走査のスタートを表わす位相信号は、圧縮装置の送信部より同期信号として受信部に送られ、送信と受信との位相合せが行なわれる。

(3) ダミーコード

ダミーコードは送信部の記憶回路に記憶情報がないとき、伝送路に送出されるダミー情報である。

(4) END信号

1枚の画面の圧縮が終了した際、END信号を受信部へ送出して、送信部、受信部ともに次の圧縮に備える動作を行なう。

(5) ビット同期

本装置の伝送同期はスタート・ストップ方式で48ビットごとに同期パルスを送入している。

6. 装置の回路構成

6.1 符号化および符号変換回路

符号化および符号変換回路は、ファクシミリ信号を2進10ビットに符号化したのち3ビットグループ5段階の分割符号化を行なう回路で、図18に示すように3ビットの並列変換部、RLを2進数に変換する計数カウンタ部および1ワードのグループ数をきめるグループ数決定部より構成されている。

6.2 記憶回路

記憶回路は容量6KビットのMOSダイナミックメモリで、図19に示すようにバッファメモリ、ダイナミックシフトレジスタおよび周辺回路より構成されている。メモリは書き込み、読出しを共通に行なう3ビットの差分記憶方式で、アドレスレジスタの示す所定のアドレスに書き込みまたは読出しをする。なお、この試作に用いたメモリ素子はMOS ICで、これを直列接続しクロックでサイクリックに動作させている。

6.3 符号送出回路

符号送出回路は符号化し圧縮されたファクシミリ信号を伝送路に送出するための回路で、並列-直列変換回路、ダミーコード発生部、符号変換回路より成る。

6.4 符号受信回路

符号受信回路は伝送されてきた直列信号を3ビットの並列信号に変換し、ダミーコードを分離する機能を有している。

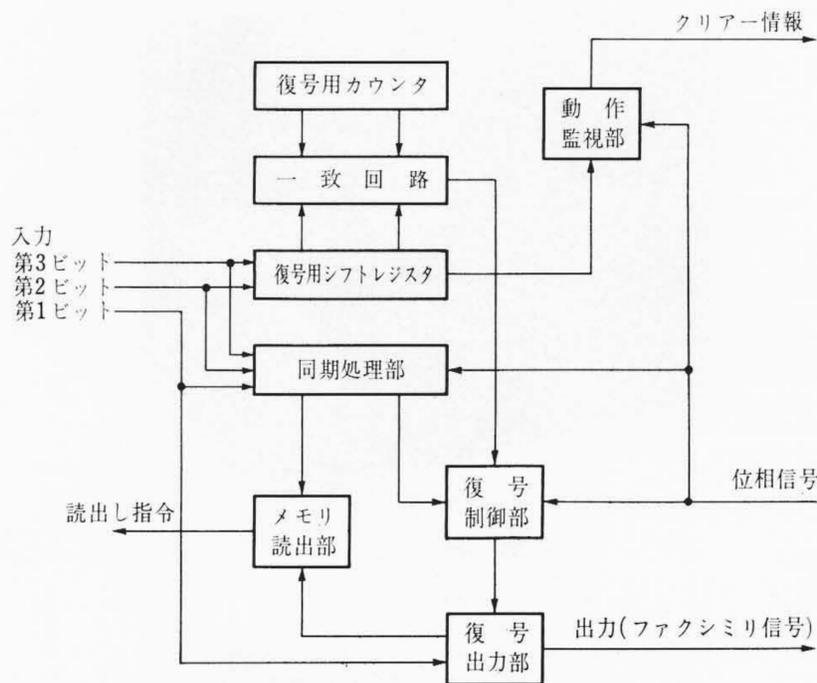


図20 逆変換および復号回路構成図

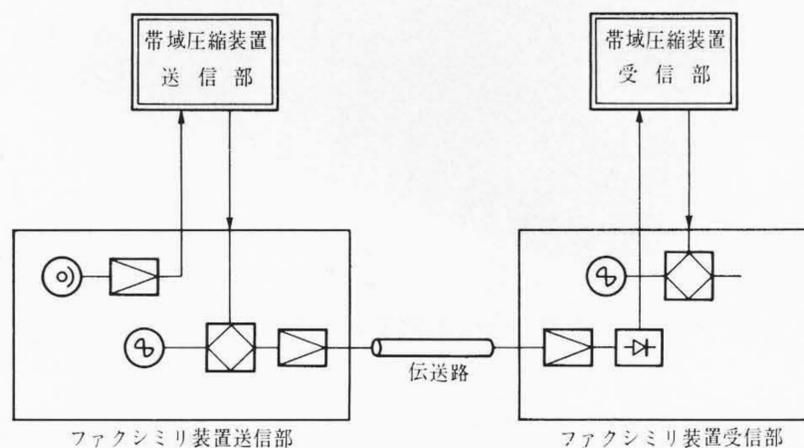


図21 装置接続図

6.5 逆変換および復号回路

逆変換および復号回路はメモリより順次情報を読み出し圧縮された情報をファクシミリ信号に変換して送出する機能を有している。図20はこの回路の構成図で復号用シフトレジスタはメモリ読出し指令により1語単位で情報を取り出し、復号用カウンタと一致回路でファクシミリ信号に変換する。送信、受信の位相同期は同期処理部で検出された同期パターンとファクシミリ受信機よりの位相信号の一致により行なわれる。動作監視部はEND信号を検出し装置各部をクリアして次の動作に備える。

7. ファクシミリ装置との接続

図21はファクシミリ装置と帯域圧縮装置との接続系統図を示したものである。帯域圧縮装置との接続はファクシミリ装置単独でも圧縮なしで伝送できるように考慮されており、圧縮装置は送信部では光電変換の後、変調器の前に、受信部では増幅器の後、記録変調器の前に接続される。

8. 構造

装置はファクシミリ送信機および受信機にそれぞれ接続されるもので、寸法500×310×380(mm)の筐(きょう)体の実装されている。図22は送信部の外観写真(受信部も同一外観)である。図23は本装置の主体をなす6KビットのMOS-ICメモリとその周辺回路の実装されている電子パッケージである。

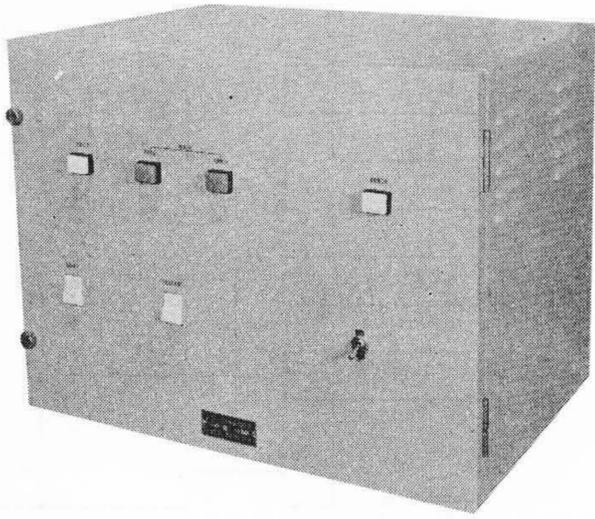


図22 送信機

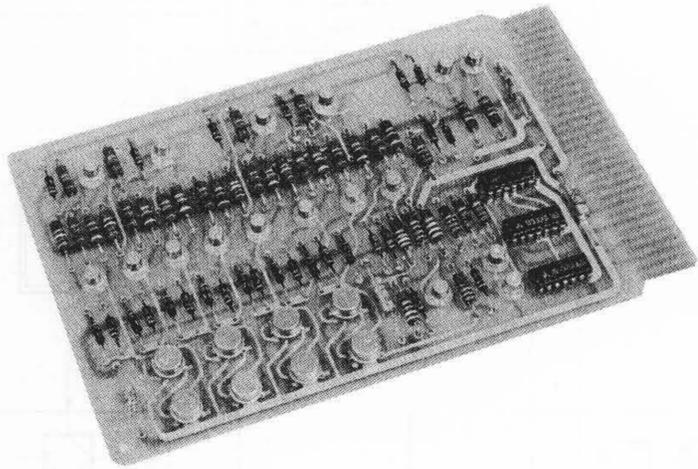


図23 記憶部電子パッケージ

9. 伝送画面の種類

帯域圧縮装置を実際にファクシミリ装置と結合して画面を伝送した。

本方式のように画面情報のもつ統計的性質を利用して圧縮する方法では、画面の種類によってその圧縮率が異なる。画面の種類といっても手書き文字、印刷文字、図形など多種多様で一義的に決めることはできないが、図式的にモデル化することによってだいたいの圧縮率を知ることができる。

本装置は主メモリとして6Kビットの記憶容量をもっているため、かなり情報量の多い画面でも高圧縮して伝送することができる。以下にその実際の伝送画像例を示すことにする。

9.1 文章形式

図24, 25は改造200形低速ファクシミリ装置(所要周波数帯域12kHz)に圧縮装置を付加し、所要周波数帯域を1/4の3kHzで伝送したときの受信画像である。図24は

1段の文字数	22
段数	18
文字の大きさ	5mm角(概略)

で最大メモリ記憶容量の測定結果は3Kビットであった。したがって主メモリ6Kビットに比較して約半分であり、もう少し複雑な文章またはさらに高圧縮で送ることができることになる。

図25は

1段の文字数	27
段数	18
文字の大きさ	5mm角(概略)

でメモリ記憶容量の測定結果は最大5.4Kビットであった。したがって4本/mmでは図25程度の図面まで伝送でき、さらに複雑なものについて圧縮率を下げることによって伝送可能となる。

ファクシミリ帯域圧縮装置

近來、ファクシミリ装置による情報の伝送複写が盛んですが、現在、これら装置による情報伝送には多大の時間を要してあります。これは、使用する伝送線路の周波数帯域中が狭いことによるもので、帯域中の広い伝送線路を使用することにより解決される問題ですが、現在、最も広範囲におよび優れた線路網は、電話回線であり、この電話回線を使用する限り、このままでは多大な伝送複写時間を要することは避けられません。

このことより、伝送複写時間の短縮を目的とした帯域圧縮装置が、種々、発表されてきたが、当社の帯域圧縮装置FBC-Xは、当社のファクシミリ装置との接続により、従来の1/2から1/6までの時間短縮が可能となります。

この時間短縮の度合(圧縮比)は、紙面の内容によって定まり、もやみに大きくすることはできませんが、高次の一定範囲には、利用価値ある製品と考えます。

図24 文章形式の(1)受信画像(x1/2)

ファクシミリ帯域圧縮装置

近來、ファクシミリ装置による情報の伝送複写が盛んですが、現在、これら装置による情報伝送には多大の時間を要してあります。これは、使用する伝送線路の周波数帯域中が狭いことによるもので、帯域中の広い伝送線路を使用することにより解決される問題ですが、現在、最も広範囲におよび優れた線路網は、電話回線であり、この電話回線を使用する限り、このままでは、多大な伝送複写時間を要することは避けられません。

このことより、伝送複写時間の短縮を目的とした、帯域圧縮装置が、種々発表されていますが、当社の帯域圧縮装置FBC-Xは、当社のファクシミリ装置との接続により従来の1/2から1/6の時間短縮が可能となります。

この時間短縮の度合(圧縮比)は、紙面の内容によって定まり、もやみに大きくすることはできませんが、高次の一定範囲には、利用価値ある製品と考えます。

これは、

図25 文章形式の(2)受信画像(x1/2)

図26は400形高速ファクシミリ装置(所要周波数帯域48kHz)に圧縮装置を付加し、所要周波数帯域を1/4の12kHzで伝送したときの受信画像である。

9.2 線画形式

線画の種類は文章よりさらに多種多様であるが走査線を横切る黒の発生頻度より圧縮率を推定することができる。線画形式は文章形

FBC 3 帯域圧縮装置

本装置はファクシミリ信号の目おぼが黒の組織する象とを符号化し、その冗長性を下げることにより情報の圧縮を行う。この際、使用する伝送帯域が一定の場合には、伝送時間を従来の1/2から1/6に、伝送帯域が一定の場合には、伝送帯域中を従来の1/2から1/6に各々、圧縮します。

この情報圧縮の割合(圧縮比)は伝送する画面の内容によって定まり最も悪い伝送時間、伝送帯域中で異なります。

これは当社のファクシミリ装置 MODEL 400(伝送帯域中 48 KHz, 8-5 級伝送遅延時間 41 秒)を使用し、伝送帯域中を従来の1/4(12 KHz)に圧縮して伝送した画面です。

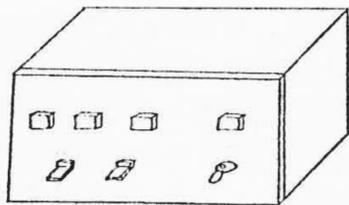


図 26 帯域圧縮装置を通したときの受信画像 (x1/2)

式と異なり字間、行間のスペースがないことから発生情報はそれだけ多くなる。図 27 は改造 200 形低速ファクシミリ装置(所要周波数帯域 6 kHz)に圧縮装置を付加し、所要周波数帯域を 1/2 の 3 kHz で伝送したときの受信画像である。メモリ記憶容量の測定結果は最大 5.7K ビットであった。

9.3 伝送画質

上記のように帯域圧縮装置を付加し、所要周波数帯域を圧縮した場合の受信画像は圧縮装置を通さずにファクシミリ送受信機直結の場合の受信画像に比較してほとんど変化がみられず、本方式を用いた帯域圧縮装置を使用することによって画質を落とすことなく経済的なファクシミリが伝送できる。

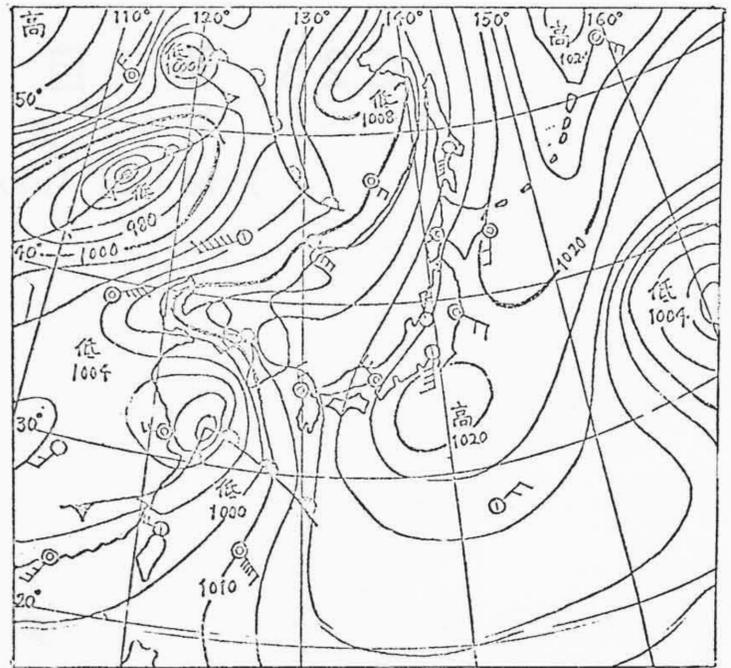


図 27 線画形式の伝送画像 (x1/2)

10. 結 言

以上、ファクシミリ信号帯域圧縮装置の方式および装置の動作について述べた。本装置は方式そのものが新しい原理に基づいたものであるが、圧縮動作、伝送画品質など満足できる結果が得られた。したがって本装置を用いることによって高速度の経済的なファクシミリ伝送ができる。現在さらに手書き文章、線画以外に新聞紙面のようなこまかい印刷および網点写真画面の帯域圧縮について検討を加えている。またこれと並行して上記方式に符号形式、伝送方式などについても改良を加え、圧縮率をさらに向上することを検討している。

終わりに本方式について種々のご指導を賜わった国際電信電話株式会社研究所、中込次長に厚くお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 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

Vol. 31

日 立 造 船 技 報

No. 2

目 次

■ 論 文

- 高圧用メカニカルシールの研究(第5報) — 静圧形メカニカルシールの密封特性と密封性能 —
- 標準ユニット法による船体局部強度解析
- 中小形船の伴流係数推定法
- 風による円柱の振動に関する二、三の考察

- 噴流層の流動化のための最大圧力降下と流動化状態における圧力降下
- ポーラスプラグによる溶銑の脱硫と黒鉛球状化処理
- 塗布量と膜厚との関係 — 表面あらさと膜厚との関係 —

……………本誌に関する照会は下記に願います……………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60 郵便番号 554