

1983

外93-7

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

ファクシミリ信号の高能率符号化
方式に関する研究

申 請 者

山 田 豊 通

Toyomichi YAMADA

平成 5 年 5 月

ファクシミリは、電話よりも以前に発明されながら、記録紙を必要とすること、さらに光電変換、主走査・副走査、信号伝送、同期、現像・定着による記録など複雑で多様な技術を必要とすることから、その普及は遅々としたもので、専用線を用いて一部特定業務に利用されていたに過ぎない。ところが、昭和47年の公衆電話網の開放により、不特定多数の相手と相互通信を行うことが可能となり、書画電送可能な新たなビジネス通信サービスとして一躍脚光を浴びることとなった。しかし、当時はビジネスに一般的に使用される白黒2値のA4判の原稿の電送に6分を必要とし、その電送時間の短縮・通信コストの削減が望まれた。そこで、従来のアナログモデムの代わりにデジタルモデムを使い、ファクシミリ信号もデジタル化し冗長度抑圧符号化方式を適用し、約1分で電送することを目的とするデジタルファクシミリの研究が活発化した。これは通称1分機ファクシミリとも呼ばれ、CCITTでもグループ3ファクシミリ(G3機)として課題設定され、世界的に研究開発が進められることとなった。

1分機の実用化にあたっては、信号処理に関連する技術分野に限っても、標本化密度、冗長度抑圧符号化方式、ファクシミリデータの伝送制御方法、符号誤りと画品質の関係等の検討が必要であり、本論文はこれらの分野における著者の研究成果をとりまとめたものである。

本論文は第1章から第6章で構成されており、以下各章の概要を述べる。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的および本研究に関連する従来の研究について述べ、本研究の意義もあわせて示す。

第2章では、画素インタリーブ配列における冗長度抑圧符号化方式について述べる。まず、固体走査の場合のように、最小画素の大きさが一定の場合の画素配列法および受信側における画素補間法と再生画の画品質との関係をシミュレーション実験により検討し、送出画素密度が高い場合には送信側において送出画素と非送出画素を市松模様配列するインタリーブ配列が有効であることを示す。次に、インタリーブ配列におけるランレングス統計量を測定し、その結果にもとづいて、長さ1の黒画素のランの直後に白画素を1画素付加した黒白モードのランを定義し、このようなランについてもランレングス符号化を行う新しい冗長度抑圧符号化方式を提案し、シミュレーション実験により従来の他方式より有効であることを示す。最後に、インターリーブ配列を実際のファクシミリ装置に応用する例について述べる。

第3章では、2次元逐次処理符号化方式について提案する。ファクシミリ信号は一般に、原画上の隣接画素間に強い相関があることから多くの冗長度を含んでいる。特に走査線方向の相関および隣接走査線間の相関を逐次利用する2次元逐次処理方式は従来のランレングス符号化方式等に比べ高い圧縮比が期待できる。

そこで、第1に、これから符号化する現走査線とそれに隣接するすでに符号化した前走査線の2走査線の黒の部分の連結のしかたを5つのパターンに分類し符

号化するパターン内予測差分符号化方式を提案する。パターン内予測差分符号化方式について、各パターンに関連する統計量を測定し、符号表を作成し、シミュレーション実験により、従来のランレングス符号化方式に比べ30%~94%の圧縮比の向上が図れること、特に、複雑な画面に対しても十分効果があることを示す。

第2に、現走査線と前走査線の2走査線上の黒と白の境界に着目し、境界が2走査線を横切る状態 S_1 、境界が前走査線上で上に折り返す状態 S_2 および境界が現走査線上で下に折り返す状態 S_3 の3種類の状態を符号化する境界差分符号化(EDIC)方式を提案する。EDIC方式については状態 S_1 を優先する方法がエントロピー的に有利であることを示す。EDIC方式はパターン内予測差分符号化方式に比べ、1画素当たりのエントロピーで比較した場合、低分解能でやや劣るが、高分解能ではほぼ同程度の性能が得られること、またEDIC方式は2走査線上の変化点を主走査方向に2個ずつ対にして3種類のいずれかの状態に識別して符号化すればよく、符号器やプログラム構成上パターン内予測差分符号化方式に比べ簡単であり、2次元逐次符号化方式としても比較的簡単な方式であることを示す。さらに、EDIC方式について関連する統計量を測定し、符号表を作成し、シミュレーション実験により従来の他の代表的な2次元逐次処理方式と比較評価し、最も高能率な符号化方式であることを示す。

第4章では、ファクシミリデータの伝送制御法について提案する。まず第1に最適位相同期符号長について示す。1分機では、ファクシミリ信号を冗長度抑圧符号化し、符号器からの出力データである"1","0"のファクシミリデータをデジタルモデムを用いて一定速度で電話回線経由で送信機から受信機に伝送する。冗長度抑圧符号化方式では可変長符号化を行うので、1走査線ごとのファクシミリデータ長は一定でない、そのために1走査線符号化ごとに位相同期符号を挿入し、送信機と受信機で同期合わせおよび符号誤り制御に使用する。そこで、符号化方式とは独立に位相同期符号パターンを設定できるゼロインサージョン法について、ゼロインサージョンビット数と位相同期符号長の和を最小にする最適位相同期符号長について理論的に明らかにするとともに、ランレングス符号化方式に適用した場合のシミュレーション実験による検討を行い、理論値とよく合致することを示す。さらに、一般的な条件下での最適位相同期符号長を示す。

次に、バッファメモリとダミー符号挿入法を併用する場合の有効な可変副走査制御法について示す。1分機では1走査線ごとのファクシミリデータ長は一定でないことから、モデムを用いて一定速度で伝送するために、可変副走査制御を行うとともに、バッファメモリを設け必要に応じてダミー符号を挿入することにより時間的に平滑化を行う。このような制御系では、可変副走査機構で規定される1走査線の最小処理時間が重要なパラメータになることを示すとともに、ダミー

符号の送出機会のより小さくなる制御法とバッファメモリ構成法を示す。さらに、このような制御法を仮定し、ダミー符号をも考慮して代表的な冗長度抑圧符号化方式の圧縮比の比較をシミュレーション実験により行い、1走査線の最小処理時間が長くなると符号化方式間の有意差に大きな影響を与えることを示す。

第3に、以上の検討結果をもとにファクシミリデータの伝送フォーマットを中心に方式パラメータの設計を行い、EDIC方式を採用した1分機を試作し、符号化アルゴリズムの妥当性を検証するとともに、画面電送実験により高能率伝送が実現できることを示す。

最後に、HDL Cを用いたファクシミリデータの伝送の場合について、最大アウトスタンディング数等方式パラメータと伝送効率の関係を明らかにする。

第5章では、符号誤りと画品質の関係について明らかにする。電話網利用の1分機では、伝送効率や経済性等から、符号誤りに対してデータ伝送のような厳密な誤り再送制御等を行わず、視覚上許容される範囲で符号誤りを許容する方法がとられつつあった。そこで、符号誤り率と画品質の関係について主観評価実験により検討を進めた。まず、1次元ランレングス符号化方式について、符号誤り対策と符号誤りの劣化現象の関係を整理し、ランダム性誤りとバースト性誤りの場合について、ビット誤り率と画品質の関係を主観評価実験により検討し、おのおの場合の許容ビット誤り率を明らかにする。また、実回線の場合のビット誤り率はインパルス性雑音によるバースト性誤りが主であることを示す。

次に、EDIC方式の場合について、2次元逐次処理方式固有の符号誤り制御方式について整理し、符号誤り対策としてK走査線ごとに1次元ランレングス符号化走査線を挿入するKパラメータ法を適用した場合の冗長度抑圧効果を明らかにする。K=1、2、4の場合について、実回線雑音に対するビット誤り率と画品質との関係を主観評価実験により明らかにするとともに、一般電話交換回線の実回線において1分機用モデムを用いた場合のビット誤り率の累積分布を測定し、ビット誤り率が収容交換機の種類に大きく依存することを明らかにする。さらに、双方の実験結果から、ステップバイステップ交換機に収容しない限り、標準モードではK=2、高品質モードではK=4以下であればEDIC方式が実用可能であることを示す。

第6章は結論である。

なお、本研究で提案したEDIC方式は、日本統一案選定の過程で、KDD提案の相対アドレス符号化(RAC)方式とともに好成績を収め、その後のNTTとKDDとの共同研究により両方式を融合し改善を加えたREAD方式が日本統一案となり、昭和54年のCCITT SG. XIVの京都会合で若干の簡易化後Modified READ方式として2次元符号化方式の世界標準として採択された。また、第4章で提案した1走査線の最小処理時間の概念と第5章で実験的に得たKパラメータの実用上の設定値は直接国際標準化勧告に採択された。