

二値デジタル画像のデータ圧縮処理について

安田 靖彦 (東京大学生産技術研究所)

1. まえがき

A4版の画像と標本化密度8サンプル/mm, 走査線密度5本/mm かつピクセル当り8ビットでデジタル化すれば、原画1枚当りのデータ量は約2000万ビットにもなり、これを白黒二値画像に限定しても50万ビットに達する。このように画像は一般に極めて膨大なデータ量と有するから、通信回線を通じてこれを伝送するにしても、あるいは記憶装置にこれを蓄積するにしてもコストが高くなる。一方画像情報は通常冗長度が大きい。画像情報のデータ圧縮技術はこれらの二つの条件に支えられて発達してきたといつてよい。とくに二値デジタル画像のもつ冗長度は非常に大きいので、データ圧縮技術適用の効果が大きい。

ここでは二値デジタル画像の実例として白黒ファクシミリと文字発生器の漢字パターンとを採り上げ、データ圧縮技術の現状を述べる。これら二つの分野は共通点が多い反面、それぞれの立脚点も異なるため、データ圧縮技術はこれらも完全に共通しているわけではない。

2. ファクシミリデジタル帯域圧縮の分類

ファクシミリの帯域圧縮技術には、伝送路の冗長度と削減する伝送路符号化系の技術と情報源の冗長度と削減する情報源符号化系の技術とがあるが、ここでは画像処理という観点から、後者だけを対象とする。

情報源符号化系の帯域圧縮技術は表1に示すように分類することができる。一般に白黒ファクシミリが対象とする文書や線画には(i)黒画素および白画素の発生確率の偏り、(ii)画素間の相関、(iii)非定常性を持つ画面の部位による統計的性質の差違、さらには(iv)原稿ごとの統計的性質の差違等に見る冗長度がある。情報源符号化はこれらの性質のいくつかを利用してデータ量を削減するもので、とくに(iii)または(iv)を利用する場合は適応形符号化と呼んでいる。情報源符号化はさらに狭義の情報源符号化、可変速度走査、ならびに多重化の三つに分けられる。これらのうち情報源符号化は最もオーソドックスな帯域圧縮手法で、後に詳述するように多くの提案や開発結果が報告されている。可変速度走査も初めは帯域圧縮の一手法として提案され、現在この方法で帯域圧縮と行われつつ試作機の報告などもないわけではないが、現在では情報源符号化が必要な大容量バッファメモリ節約の補助手段として副走査制御に用いられるのが普通である。また多重化による帯域圧縮は原稿の性質(i)を利用して複数個の信号を一チャンネルに重ねて伝送するもので、画質の劣化とあらゆる許容する代りに、伝送誤りに強い耐性と有する。

情報源符号化	{ 前処理 有意点アドレス符号化 副走査可変走査 可変密度標本化 主走査可変走査
可変速度走査	

多重化	{ 擬似ランダム走査による多重化 瞬時優先順位による多重化
-----	----------------------------------

表1. 情報源符号化の分類

3. 情報源符号化

情報源符号化方式は図1に示すように、一般の原信号から有意信号点を抽出する何等かの前

処理と、この有意臭の画素上の位置を定めるアドレス符号化の二段階の処理過程からなる。このような処理は通常デジタル化処理として行われるので、前処理はアナログなフアクシミリ信号をデジタル化するための標本化量子化処理を含む。

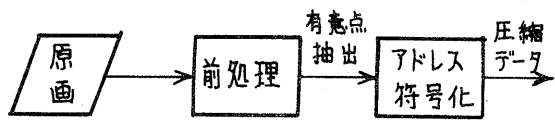


図1 情報源符号化の構成

原理的には前処理とアドレス符号化とは、互いに独立に最適化するこゝによって総合して最適データ圧縮が実現できる。すなわち前処理によって画素間の相関を完全に除去し、互いに独立な有意臭を抽出し、これをハフマン符号を用いてアドレス符号化すればよい。後述する予測処理系やモード処理系の前処理は不完全なものであってもこの方向に沿ったアプローチである。一方前処理とアドレス符号化と単独で最適化する代りに、有機的に組み合わせ、両者を総合したときに良好なデータ圧縮を実現しようと努力する手法もある。変化的相対アドレス符号化方式や輪郭追跡符号化方式等がそれである。またとくに前処理で行う第一次元ランレングス符号化方式のところに直接アドレス符号化を行う方式もある。

3. 1 前処理の諸手法

前処理には表2に示すような種々の方法がある。

(i) 一次元予測処理

一次元予測処理は一直線上の画素間相関を削減する処理である。一次元ランレングス符号化を行う場合は符号化によって相隣画素間相関は完全に除去されるので、先行1画素を用いた予測処理すなわち差分処理は有害無益であるが、二次元相対アドレス符号化等の特殊な符号化の前処理としては有効である。

(ii) 二次元予測処理

二次元予測処理は対象画素の黑白と同一直線上の先行する画素と先行する直線上の画素から予測し、予測不一致臭と有意臭とを消すので、アドレス符号化に先立って二次元的相関に基づく冗長度を削減するのでアドレス符号化が簡単になる。先行画素を図2に示すように名付けると、対象画素 W の最適予測関数 $\hat{W} = f(X_1, \dots, X_N)$ 下、 W, X_1, \dots, X_N の結合確率密度関数 $P(W, X_1, \dots, X_N)$ の条件付確率密度関数 $P(W | X_1, \dots, X_N)$ による $P(X_1, \dots, X_N)$ とすると

$$P(W) = \text{Prob}(\hat{W} = W)$$

前処理の手法	一次元予測・内挿処理	差分処理
		高次元予測処理
	二次元予測・内挿処理	モード遷移
		線交互走査 ブロック符号化
複数走査線一括処理		
輪郭抽出処理		
信号順序入れ替え処理		

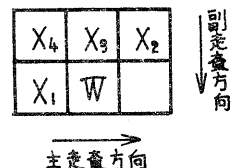


図2 二次元予測

表2 前処理の諸手法

と最大にする

$$\hat{W} = f(X_1, \dots, X_N) = u(p_0 - p_0) \bar{X}_1 \bar{X}_2 \dots \bar{X}_N + u(p_1 - p_1) \bar{X}_1 \bar{X}_2 \dots \bar{X}_N + u(p_{n-1} - p_{n-1}) X_1 X_2 \dots X_N$$

で与えられる。但し、 $u(\cdot)$ は単位階段関数、 p_i および q_i ($i=0, 1, \dots, n-1$) はそれぞれ先行画素の各状態における $P(1 | X_1, \dots, X_N)$ および $P(0 | X_1, \dots, X_N)$ を表わし、 $n = 2^N$ とする。またこのとき予測一致率は

$$Prob(\hat{W} = W) = \sum_{i=0}^{n-1} p_i \max(p_i, q_i)$$

となる。但し p_i は各状態における $P(X_1, \dots, X_N)$ を表わすものとする。実際に多くの画面についての統計量を調べると、先行画素を使用する場合に図2の X_1, X_2 および X_3 をとるのがよく、予測関数は

$$f(X_1, X_2, X_3) = X_1 X_2 \oplus X_2 X_3 \oplus X_3 X_1 \quad (\text{多数決予測})$$

また先行4画素を用いる場合には

$$f(X_1, X_2, X_3, X_4) = (\bar{X}_4 \oplus X_3 \oplus X_2) X_1 \oplus \bar{X}_1 X_2 X_3 \quad (\text{最尤予測})$$

がよいとされている。⁽⁸⁾ だがこの前者は走査線方向の細い線分の予測効率が悪く、後者は孤立点の効率が悪い。通常の文書に対しては後者の予測適中率がよくれている。

(iii) 適応形予測処理

前項で述べた予測方法は、画像全体の平均的統計量に基づいて定められた予測関数と画面の位置によらず固定的に使用するもので非適応形予測処理というべきものである。ところが画像、とくに文書等は画面の部位によって前記の結合確率密度等の統計量が大きく異なる。このように非定常な画像に対しては予測関数と画面上の位置に応じて適応的に変化させると予測適中率は下り向上する。適応予測の具体的手法には線形学習機械と利用する方法や非線形適応予測処理等が知られているが後者の方が効率が高い。後者の一例として、先行 N 画素 X_1, \dots, X_N のとりうる $n = 2^N$ 個の状態の各々に L ビットの可逆2進カウンタ C_i ($i=0, 1, \dots, n-1$) と用意し、状態 i における対象画素 W の予測値と次の規則で定める。これと同時に可逆2進カウンタの双方向と下記の規則によって更新し、次の画素の予測へ進む。

$$\hat{W} = \begin{cases} 1 & C_i \geq 2^{L-1} \text{ のとき} \\ 0 & C_i < 2^{L-1} \text{ のとき} \end{cases} \quad C_i = \begin{cases} \min \{ C_{i+1}, 2^L - 1 \} & W=1 \text{ のとき} \\ \max \{ C_{i-1}, 0 \} & W=0 \text{ のとき} \end{cases}$$

このようにすれば、画面上の白の多い領域ではカウンタの双方向は小さく行って予測値は0を指し確率が高く、黒の多い領域ではその逆にやって適応形動作が行われる。

(iv) 双挿処理

双挿処理は予め定められた規則に従って画素をたびたびを選んで有意点とするもので、伝送した n 本の画素は周囲の画素から双挿する。

(v) 複数走査線一括処理

複数走査線一括処理のうちモード遷移処理は一括した走査線から1個づつ n 本の画素と一対とれにしてその状態間の遷移関係を符号化するもので、 n 本を一括処理すれば走査線 N 本からなる白黒2値画像は、走査線 N/n 本からなる 2^n 個の文字と有する多値画像へ変換される。各文字即ちモード間の遷移確率には図3に例

示すように著しい偏りがあるので、エントロピー符号化を行うことによりモード遷移を表わすビット数が削減できる。(9)モード処理にはこの外、各走査線と差分処理した後一括する方法もある。

次に線交互走査は二本の走査線の画素をジグザグ走査し、等価的に長さ2倍の走査線1本に変換するものである。またブロック符号化は一括して複製走査線の画素を走査方向に適当な正切りとつげ、各ブロックの状態と符号化により、同一状態のブロック数とランレングス符号化により示すものである。

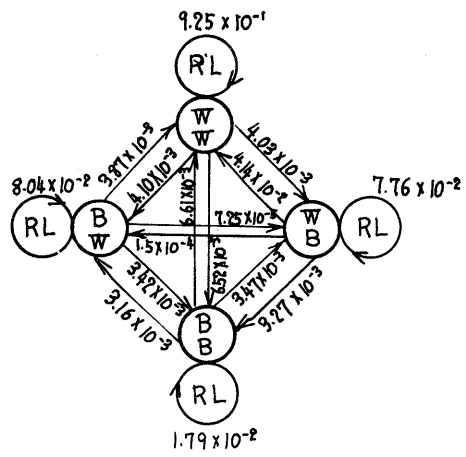


図3 モード間の遷移確率

(vi) 輪郭抽出処理

この処理は黒白の境界線を抽出するので、有意ビットは二次元予測処理ほどより多くなるが、一つの輪郭線中では有意ビットが連続しているので、有意ビットのアドレス符号長は短かくできる。

(viii) 信号順序入れ替え処理

これは画素の順序を適当なアルゴリズムに従って一次元または二次元的に入れ替え、原画像よりエントロピーが削減された変換画像をつくり、これと通常の方法で符号化するものである。印刷文書等で見られる文字配列の周期性等、画像のもつ特定の巨視的構造を抽出して順序入れ替えを行う方法や、前走査線の有意ビットに基いて原走査線画素を入れ替える方式などが提案されている。

(vii) 各種前処理の得失

画像は等方性であり、一次元処理に比べ二次元処理は圧縮率が1.3~1.6倍高い。従って最近の帯域圧縮装置では二次元処理を行うことが常識化しつつある。二次元処理は予測処理や変換相対アドレス処理などのように線逐次処理系とモードランレングスに代表される一括処理系とに大別される。逐次処理ではどの走査線も同じ条件で冗長度除去操作が行われるのに対し、一括処理の場合は、走査線間相互に独立に処理されるので、異なる系に属する走査線間の相関に基く冗長度が除去できない。従って圧縮率に因する限り一括処理は果と相対大きくないと、逐次処理より原理的に劣る。しかし伝送誤りに対しては逐次処理の場合、誤りが次々に後続の走査線に波及する可能性があるのでに対し、一括処理の場合は一括して走査線に限定される。

3.2 アドレス符号化

アドレス符号化を有意ビット位置の定め方によって分類すると表3に示すようになる。絶対アドレス符号化とは画面上に適当に定められた原点からの絶対座標と符号化するものである。図4(a)の右下が x_2 は走査線の左端を原点にとった一次元の絶対座標を示す。一次元相対アドレス符号化は同一走査線上の直前の有意ビットを規準に現有意ビットまでの距離 y_2 と y_3 と符号化するものである。また二次元相対アドレス符号化は同じく x_2 と y_2 と y_3 等の先行する走査線も含めて y_2 に符号化された有意ビットを規準に現有意ビットの座標を符号化する。この方式には二走査線を一括し、上側の走査線上の有意ビットをモードランレングス符号化によって確定し、これを規準に下側の走査線の有意ビット位置と符号化する方式、逐次前走査線下らびに

同一走査線上の先行有意点と参照して現有意点のアドレスを符号化する方式あるいは図4(b)に示すように輪郭抽出処理を行った後の輪郭線を適当な経路アドレス符号化された点Pと出発点Qとをステップバイステップで追跡符号化する方式等がある。曲線当て嵌め符号化とは図4(b)の輪郭線を直線あるいは曲線に当て嵌めるものである。

さて前述のように定義された有意点座標をデジタル伝送路を通じて伝送するためには何等かの2進符号で表現する必要がある。このような2進符号への対応付けが符号化によって、広義のランレングス符号化に対応する。最も簡単な符号は固定長2進符号であるが、各座標ごとリウラ直の組をわらアルファベットの各文字の発生確率が一律でない場合能率が悪い。各文字(座標値)を $A_k (k=1, 2, \dots, M)$ とし、その発生確率を P_k とすれば、最適な符号の符号長はシャノンが与えたように、次式を満足する符号である。

$$\log_2(1/P_k) \leq L_k < \log_2(1/P_k) + 1$$

但し、 L_k は文字 A_k に対応する符号語の符号長を表わす。このような符号語の具体的な構成法は周知のようにハフマンによって与えられている。一般のアドレス符号化では文字 A_k は必しも所謂ラン長と表わすとは限らぬが、これが単純なラン長のものだとすれば、平均のラン長 R_a 、平均符号長 L_a は符号化によるデータ圧縮率 C はそれぞれ次の様に与えられる。

$$R_a = \sum_{k=1}^M k P_k, \quad L_a = \sum_{k=1}^M P_k L_k, \quad C = R_a / L_a$$

ハフマン符号は最適ではあるが、符号化復号化に大きな雑音を用意する必要のあることや画像の統計量が変ると最早最適ではなくなる等の問題があるので、より現実的はランレングス符号が考案されている。

(i) 符号長がラン長に比例する符号

一重マルコフ情報源の場合、黒から黒へ行くたびに黒から白への遷移確率をそれぞれ $P_B(B)$ と $P_B(W)$ とすれば、長さ L の黒のランの全起確率 $P_L(B)$ は次式の様に与えられる。

絶対アドレス符号化 固定長符号

固定長符号

符号長がラン長に比例する符号
 ビット符号
 Golombの符号
 可変ブロック数符号
 エントリ-群別符号

一次元相対アドレス符号化

符号長がラン長の対数に比例する符号...可変長符号
 符号長がラン長の非線形関数となる符号...
 多段分割符号
 L-D符号

二次元相対アドレス符号化

前走査線参照符号化
 ステップバイステップ符号化
 一括処理
 逐次処理

曲線当て嵌め符号化

表3 有意点アドレス符号化の諸手法

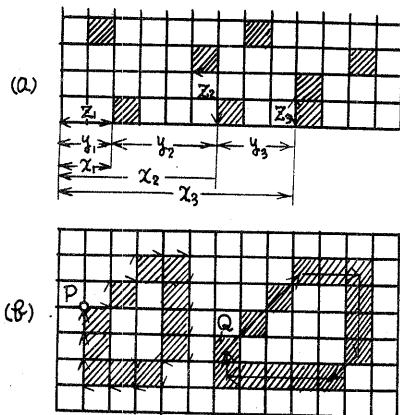


図4 各種アドレス符号化の定義

$$P_A(B) = \{P_B(B)\}^{A-1} P_B(\pi)$$

白ランについても同様で、幾何分布即ちページの指数分布と見做す。従ってシャインの理想的符号化における符号長 L_R とラン長 k との関係は、

$$L_R \approx -\log_2 P_A(B) = ak + b$$

$$a = -\log_2 P_B(B), \quad b = \log_2 \frac{P_B(B)}{P_B(\pi)}$$

の如く、一次関数関係となる。このように符号長がラン長に大体比例する符号としては剰余符号やエントリ-群別符号がある。前者は表4(a)に示すようにラン長 k と予め定められた整数 $m=2^n$ で割り、その商に相当する長さのフラグと剰余の2進数表示とで符号を構成するものである。符号長 L_R とラン長 k との間には

$$L_R = \left[\frac{k}{m} \right] + n + 1$$

の関係がある。但し $[]$ は x を超えない最大の整数と表わす。従ってラン長の大きいところでは前者は比例関係がある。この符号ごとくに $m=1 (n=0)$ と取くと、表4(b)に示すようは所謂ビットバイビット符号となり、符号長はラン長に等しくなる。またエントリ-群別は n ビットの2進符号を単位符号とし、 2^n 個の符号語のうち初めの k 個とタイプ1のエントリ-の表現に、残り $(2^n - k)$ 個の符号語をタイプ2のエントリ-の表現に使用し、表5に例示するよ様に、タイプ1の符号語一つとタイプ2の符号語 $(m-1)$ 個とを組み合わせる単位符号長の m 倍の符号語を構成するものである。この符号が表わす最大のラン長 R_m は

$$R_m = k + (2^n - k)(m-1)k$$

で与えられる。

固定長符号の繰返し符号はエントリ-群別符号で $k=2^n-1$ と取ればものに相当する。

(ii) 符号長がラン長の材数に比例する符号

通常の文書等の予測によればランの発生確率はラン長の頁の指数分布より長いランの発生頻度が高く、頁のバネ集分布に近い。この傾向は白のランの場合特に著しい。従って前述の符号は少くともラン長の長いところでは不適当である。長さ k のランの発生確率が $P_A = dk^{-a}$ と与えられる頁のバネ集分布の場合、シャインの理想的符号化における符号長 L_R は次式のようにラン長の材数の一次関数となる。

$$L_R = a(\log_2 k) + b$$

$$m = 2^n, \quad \text{ラン長} = m\phi + r$$

$$\text{符号} C = \overbrace{11 \dots 10}^{\phi} (r)_2$$

$$m=1 \quad \text{符号長} = \text{ラン長}$$

$$m=4$$

ビットバイビット符号

ラン長	符号長
1	001
2	010
3	011
4	1000
5	1001
6	1010
⋮	⋮

(a)

ラン長	符号長
1	0
2	10
3	110
4	1110
5	11110
6	111110
⋮	⋮

(b)

表4 剰余符号とビット毎符号

表4(a)に示すようにラン長 k と予め定められた整数 $m=2^n$ で割り、その商に相当する長さのフラグと剰余の2進数表示とで符号を構成するものである。符号長 L_R とラン長 k との間には

	エントリ-	符号語
タイプ1	0	000
	10	001
	110	010
	1110	011
	11110	100
タイプ2	5 ones	101
	10 ones	110
	15 ones	111

表5 エントリ-群別符号の例 ($n=3, k=5$)

組し、 $h = -\log_2 d$ 。ファイル等が示した一連のランレングス符号の符号長はラン長の対数に近似的に比例し、上述のような分布ともランの符号化に拠っている。これらの符号は表6に示すように構成される。

区分	ラン長	符号
1	1 ~ R ₁	0XX
2	R ₁ +1 ~ R ₂	10XXX
3	R ₂ +1 ~ R ₃	110XXXX
⋮	⋮	⋮
M	R _{M-1} +1 ~ R _M	11...1XXX...X

(iii) 符号長とラン長の任意の関数にできる符号。

前述の固定長の繰返し符号に対して、単位符号を何種類か用意して置き、オーバーフローが起るごとに適当な単位符号を付け加えることにより符号長とラン長との関係をかたより自由に設計することが出来る。またファイルの符号で各段切りに入れる情報ビット数を変えたと同様の効果が行われる。

表6 ランレングス符号

(iv) 一群の有意変座標を一括して符号化する方法

これまでに述べたランレングス符号化方式は個々の有意変座標を互いにラン長と一対一符号化するものである。これに付いて多段分割符号化やL-D符号化はある領域内の有意変座標を一括して符号化するものである。

以上のようにアドレス符号化の具体的手法は種々あるが、さらにこれを組み合わせる符号化も考えられる。例えば白ランと黒ランは性質が非常に異なるので、別々の符号で符号化された方がよい。これを分離符号化という。また画像の局所的性質に応じて適宜的によくつかの符号と切換えることも出来る。

4. 各種方式の圧縮率

表7はこれまでに提案されている各種単域圧縮方式の圧縮率と同一のデジタル原画に対して求めたものである。原画は官庁で流通する代表的文書や図面5種と漢字のテストパターン1種と選り、主副画走査線方向とも6.6ランポル/mmで標本化されたもので、処理能力の制約から一巻走査線は1024ランポル、各図面から684走査線と選択した。ここでは同期信号は除外し、純粹に画情報の符号化とビット数だけを対象にした。圧縮率は対象とする画像の性質は勿論、同一原画でも走査線密度や標本化密度にも関係する。ここで使用したデジタル原画は一般の文書に比べるとやや複雑であるので、単純な画像に対して高圧縮率と得られるような方式には多少不利な面もあるが、大体的傾向は変わらない。

5. 漢字パターンのデータ圧縮

ドット表示文字発生器における漢字パターンメモリの容量削減のために種々のデータ圧縮法が検討されている。漢字パターンのデータ圧縮は7アウシミリの帯域圧縮と共通点が多いので、後者に関連し

順位	方式	圧縮率	文献	順位	方式	圧縮率	文献
1	信号順序入れ替え	7.017	(2)	8	モードランレングス	5.831	(9)
2	変化点相対アドレス	6.976	(3)	9	多段分割	5.614	(10)
3	ずれ修飾	6.034	(4)	10	ブロック符号化	5.410	(11)
4	モードランレングス	5.981	(5)	11	モードランレングス	5.149	(12)
5	二次元予測	5.956	(6)	12	モードランレングス	5.140	(13)
6	モードランレングス	5.939	(7)	13	情報密度変換	4.808	(14)
7	二次元予測	5.858	(8)	14	一次元ランレングス	4.516	(15)

表7 各種方式のデータ圧縮率

と開発された種々の手法、例えば「2次元予測やランレングス符号化法」などが、ほとんどその子を利用できる。しかし一方では両者は次の点で異っている。

(i) 両者が対象とするデータの性質が異なる。(ii) 漢字の場合、ファクシミリと違ってリアルタイム伝送という制約がはいるので、パターン全体をみて圧縮処理が行える。(iii) 漢字の場合、文字を分解して記憶し、これと出力の際、逐うて元の文字を再現することが出来る。すなわち漢字パターンデータの圧縮の方がファクシミリよりも制約が少ない。この条件をうまく使えばファクシミリ帯域圧縮で用いられる手法よりもっと効果的はデータ圧縮手法が考えられる。

5.1 仮想平面合成法による漢字データ圧縮

通常のストローク方式では一つのストロークを始点座標線分長およびその方向と表わす情報と符号化している。しかしここで対象としている32x32ドット程度の文字パターンでは大部分のストロークが縦、横、斜右45°および斜左45°のいずれかの方向をもつ。そこで一つのストロークの方向情報と符号化する代わりに、前記の4つの方向に対応する4枚の仮想平面を考え、各平面にはその平面の方向と同一方向をもつストロークだけを収容するおうにし、どの平面にも属さない孤立点を収容するもう一枚の仮想平面と合して5つの仮想平面に文字を分解して記憶する。出力時にはこれらの平面を逐うて重ね合わせ元の文字を再現する。このようは手法を仮想平面合成法と呼ぶことは出来る。(16) この方式では5枚の仮想平面を区別するための情報が必要であるが、個々のストロークは方向情報が必要で、それが必要する平面及びの始点座標、下バーストローク長だけを符号化すればよい。また符号化効率を一番高めたために、同一平面に属する複数個のストロークが互いに隣接し、しかもストローク長が等しいときは、このうち最初の本だけの始点座標および長さだけを符号化し、残りはその本数だけを符号化する。具体的は符号構成は図6に示す通りで、初めに5枚の平面に収容されるストローク数Nsをランレングス符号を用いて符号化したものを配し、続いて縦平面に属するストロークの始点座標X、Yおよび長さL(X、Y、Lは共に5ビット)をうびに相隣る同一長ストロークの数をビットバイビットで符号化して配列する。以下横、斜右、斜左および孤立点平面のストロークについて同様の符号化を行う。

5.2 各種漢字データ圧縮方法の比較

7種の32x32ドット漢字パターンに対する各種データ圧縮方式の符号化ビット数および圧縮率を表8に示す。この結果から仮想平面合成法かファクシミリ帯域圧縮で用いられるデータ圧縮法と流用した方式より圧縮率が高いことが分る。

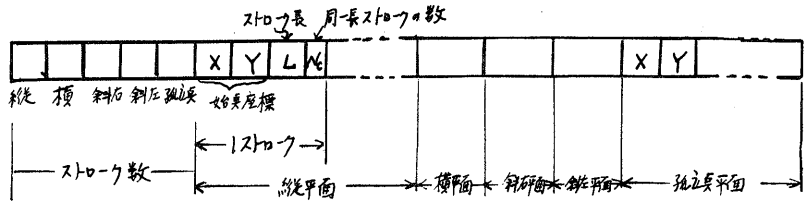


図6 仮想平面合成法における漢字パターンの符号構成

	一次元 ランレングス	一次元 予測	二次元 多数処理	二次元 ランレングス	仮想 平面	通常 ストローク	仮想 平均合成
容量	690	702	702	602	621	876	612
音	565	562	492	357	419	474	216
音	563	525	545	422	429	266	262
総	662	745	641	655	670	1014	731
あ	557	627	526	541	480	708	529
E	399	436	290	265	242	294	182
4	354	387	265	263	214	240	170
平均符号化 ビット数	541	569	495	444	449	559	402
平均圧縮率	1.89	1.80	2.07	2.31	2.28	1.83	2.55

表8 各種漢字データ圧縮法の比較

しかし文字発生器の漢字パターンデータ圧縮法としては単に圧縮率だけでなく、
 上の条件、例えば制御装置のコストや出力速度も考慮しなければならない。フ
 アフシミリ方式のデータ圧縮法はこの意味で繰返次的処理で出力できるので有利と
 ある。

6. おまけ

本文は二値デジタル画像のデータ圧縮技術の現状とフアフシミリ帯域圧縮お
 よび漢字パターンのデータ圧縮と例にとり、一部筆者等の研究成果を折込みなが
 ら解説したものである。

データ圧縮の基本原理解はほぼ出尽くした感があるが、その実用化は緒に付いたは
 りであり、今後利用が進むにつれて取捨選択が行われ、多数の方式のうち真に
 有効な方式が生き残りて行くことになる。

文献

- (1) 赤田, "フアフシミリ信号の帯域圧縮技術" 昭和50年度電気学会論文NO. 227
- (2) 赤田, 新井, 加藤, "信号順序入れ替え処理によるフアフシミリデジタル帯域
 圧縮の一新方式" 信学技報, 25, 98 CS75-85 (1975-09)
- (3) 若原, 山崎, 寺村, 中込, "変位変相材アドレス符号化によるフアフシミリ信
 号のデータ圧縮" 信学通才研資 CS74-115 (1974-11)
- (4) 大野, "ランレングス方式帯域圧縮フアフシミリ" 画像電子学会 研究会予稿
 (1973-03)
- (5) 郵政省フアフシミリ技術調査委員会 "行政用標準フアフシミリ装置仕様書" (1975-03)
- (6) 同上, "行政用標準フアフシミリシステム検討結果報告書" (1975-03)
- (7) 山崎, 若原, 寺村, 中込, "複数色直線ランレングス符号化方式" 信学会通才研
 資, CS74-116 (1974-11)
- (8) 高木, 津田, "二次元予測を用いたフアフシミリの帯域圧縮" 信学誌 56-2,
 3, p.170 (1973-03)
- (9) 日下田, 大山, 星野, 加藤, "フアフシミリ信号の帯域圧縮方式" FUJITSU, 23,
 7, p.1096 (1972)
- (10) 飯沼, 臼井, 石星, "フアフシミリ信号のデータ圧縮の新方式" 信学通才研
 資 CS73-36 (1973-07)
- (11) 熊, 大同, 天野, "フアフシミリの帯域圧縮" 画像電子学会研究会予稿 74-04-3
- (12) 藤田, 石賀, 高島, "フアフシミリ帯域圧縮の一新方式" 昭48年度信学会論文NO.1023
- (13) ヴェーバー, "フアフシミリ伝送及び装置" 特開昭49-85913
- (14) 田中, "松下高速FAXシステム" 日本工業技術センター主催セミナー資料 (1974-09)
- (15) 飯沼, 森田, 鈴木, 長川, "フアフシミリ帯域圧縮の一新方式" 昭49年度信学会
 論文NO. 1280
- (16) 新井, 加藤, 赤田, "画素形漢字データ圧縮の二つの方法" 信学技報, 25,
 98, CS75-86