

## 描画像の可変長セグメント符号化法

正 員 石井 郁夫<sup>†</sup>      正 員 大和 淳二<sup>†</sup>      正 員 牧野 秀夫<sup>†</sup>

### A Coding Method of Handwriting Pictures Using Variable Length Segments

Ikuko ISHII<sup>†</sup>, Junji YAMATO<sup>†</sup> and Hideo MAKINO<sup>†</sup>, Members

あらまし 描画像符号化には標本化した座標点間の相関を利用した各種の高効率化法が提案されている。しかし、その多くは一定時間間隔で標本化された座標点ごとに符号を生成するもので、図形の複雑さに十分に適応した符号量が得がたい欠点がある。ここでは、十分細かい間隔で標本化した描画像を部分的な複雑さに合わせて可変長セグメントに再標本化する方法を提案した。1セグメントの始点に対して統計的な性質に基づいて設定した複数の終点候補を用意し、その一つを始点-終点間パスと描画像線分との比較で選択するという方法により、誤差が少なく効率の良いセグメントを自動的に生成することができた。和文、欧文、図形など種々の描画像について符号化実験を行い、最適パラメータ、符号化効率、復号画質などを示した。最近提案されたいくつかの符号化法との比較結果を示したが、どれよりも高い符号化効率が得られた。自動セグメント生成による画質劣化もわずかであった。

#### 1. ま え が き

描画像符号化法は、ファクシミリなど他の画像符号化に比べて、極めて少ない符号量で描画の動きを伴った情報伝達が可能であることを特徴とする。従って、テレライティングシステム<sup>(1)</sup>、オーディオグラフィック会議システム<sup>(2)</sup>や教育用機器など多方面への応用が考えられている。多くの場合、音声や文書など他の情報と多重化して用いられるので、高効率な符号化法が望まれる。

描画像情報の高効率符号化法は、一般に同一ストローク内で連続的に標本化した座標点間の相関性を利用している。MDPCM<sup>(3)</sup>では、連続した標本点の間隔が比較的小さいことを利用し、小さな相対座標平面で符号化する。EWE符号化法<sup>(4)</sup>では、新しく標本化した座標点とその前に標本化した座標点列の延長方向に出現する確率が高いという性質を利用している。これらのほかにもリング状領域選択型DPCM<sup>(5)</sup>、ゾーン符号化法<sup>(5)</sup>などが提案されている。

これらの符号化方式の多くは標本化された座標点ごとに符号化を行っている。従って、入力図形の単純な

部分も複雑な部分も同じ時間間隔で標本化している点に冗長性があると考えられる。そこで、本論文では十分細かい間隔で標本化した描画像を部分的な複雑さに合わせて再標本化することにより効率化を図る可変長セグメント符号化法を提案する。このような再標本化手法として、アダプティブ標本化法<sup>(7)</sup>が提案されている。本方式はこれとは異なる再標本化アルゴリズムを採用し、誤差の少ない効率的な標本点抽出を実現すると共に、標本化・量子化・符号化を同時に行うことにより高効率符号化を実現した。

#### 2. セグメントの生成

描画像をいくつかの短い線図形(セグメント)に分割する。可変長セグメント符号化法は、十分細かい間隔で標本化された座標点間の連結で得られる線図形を、一定の規則に従ってセグメントの集合に再構成し、各セグメントの長さや向きを識別符号列を生成する方式である。描画像の複雑さに合わせてセグメント長を自動的に決定することにより、符号量を圧縮する。

描画像を一定時間間隔で標本化し、デジタル座標で量子化する。隣接する2標本点間を完全8連結<sup>(8)</sup>のデジタル直線で結ぶ。このデジタル線分の連結で表現された線図形を次の手続きによりセグメントに分割する。

<sup>†</sup> 新潟大学工学部情報工学科, 新潟市  
Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-21  
Japan

セグメントは始点、終止およびそれらを結ぶパスで構成される。符号化に当たり始点から複数の終点候補へ向かうベクトルと各ベクトルに対する近似判定パスを設定する。始点をストロークの先頭または前のセグメントの終点に合わせ、描画像と近似判定パスの誤差比較を行う。近似判定パスの集合のうち、許容条件を満足し、かつ始点から最も遠い終点に至るパスを選択し、これを1セグメントとする。従って、描画像はセグメント終点ベクトルの識別符号の列で表現できる。

描画像は前セグメントの終点ベクトルの方向に描かれる確率が高いので<sup>(3)(5)</sup> 終点候補の多くは前セグメントの終点ベクトルの延長方向に配置する。図1および2に終点ベクトルの配置方法を示す。まず、図1のように始点  $s$  から  $k$  リンク分の距離の方形を考え、この方形と前セグメントのベクトルの延長線(矢印)の交点画素  $a_k$  を求める。距離および線分長は隣接する格子交点との結合を1リンクとした単位で表す。始点と  $a_k$  を結ぶデジタル直線上の各点  $a_1 \sim a_k$  を終点候補とし、それらに向かうベクトルをベクトル群 A と呼ぶ。次に図2のように始点  $s$  の8近傍に  $a_1$  を含む8方向のベクトルを配置し、図示の記号を付す。更に  $b_1, c_1$  より A と平行にベクトル群 B, C を配置し、図示の記号を付す。A, B, C を主ベクトル群,  $z_1 \sim z_5$  を副ベクトル群 Z と呼ぶ。A, B, C 各群内の各終点候補を連結した線を群内の各ベクトルの近似判定パスとする。

始点から順に1リンクごとに、デジタル線図形(×印の連結)と主ベクトル群の近似判定パス間の誤差を比較する。すなわち、線図形の始点から  $L$  リンク目の点  $P_L(X_{PL}, Y_{PL})$  に対して、ある近似判定パス上の  $P_L$  に最も近い終点候補  $Q_L(X_{QL}, Y_{QL})$  との距離を次式により求める。

$$d = |x_{PL} - x_{QL}| + |y_{PL} - y_{QL}| \quad (1)$$

この操作を A, B, C 3群について  $L=1, 2, \dots$  の順に1リンクずつ行い、 $d$  が許容値を超えた終点候補を含む群を順に候補対象から除外していく。許容値は1リンク以内とした。順次この操作を繰り返し、3組の主ベクトル群のすべてが除外されるか、最大長第  $k$  リンクまで比較し終わったとき、最後に距離が零になった終点ベクトルを選択し、その識別符号を生成する。第1リンク目で主ベクトル群のすべてが除外された場合は副ベクトル群 Zの中から選択する。

図2の例ではデジタル線図形の2リンク目で C 群が、6リンク目で A 群が除外され、最後に一致した点  $b_5$  を終点とする。なお、復号時に生成するこの区間の

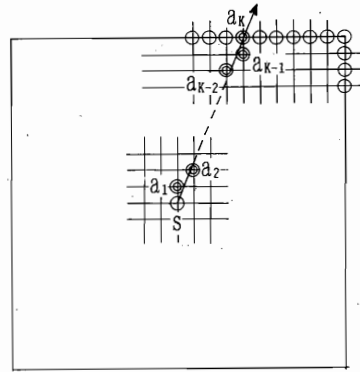


図1 ベクトル群 A  
Fig. 1 The group A of vectors.

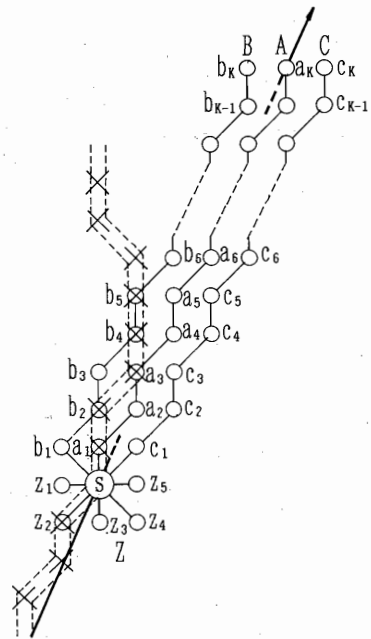


図2 量子化ベクトルの配置  
Fig. 2 Arrangement of vectors.

近似パスに関して検討した結果、選択された終点に対する近似判定パスをそのまま用いるより、近似判定パスとは無関係に単に始点終点間のデジタル直線を近似パスとした方が、視覚的に滑らかで自然な復号図形が得られることが判明した。従って、図2に示すパスは終点選択判定にのみ利用している。

### 3. 符号化方式

#### 3.1 ストローク先頭座標

生成する符号語のフォーマットならびに適切な符号

化パラメータを求めるため、図3に示すものなど和文5種類、欧文3種類、図形3種類の描画像を用いてデータを採取した。原図形はディジタイザより入力したもので、分解能は5 dot/mm、標準化速度は48サンプル/秒であり、図の大きさは図中に記した。

ストローク先頭座標は、前ストロークの終端からの相対座標で表す。相対座標平面外になった場合は絶対座標に切り換える。図3の描画像を用いて相対座標平面の大きさとストローク先頭座標の符号量の関係を求め図4に示す。相対座標平面が12~14ビットのとき符号量最小になるので、ここでは12ビット( $x, y$ 座標各6ビット)に設定する。

### 3.2 最大セグメント長と符号割当て

各ベクトルの識別符号は選択頻度に対応したハフマン符号を割り当てる。図1の最大セグメント長 $k$ を変化させた場合の1リンク当りの符号量を欧文、和文、図形に区分して平均値を求め、図5に実線で示す。ストローク先頭座標の符号は符号量に含まれていない。欧文は和文、図形と $k$ の最適値が異なる。これはデータに含まれる直線部分の比率の違いによる。欧文は他の図形より短いセグメントに分割される割合が多い。

$k$ の値やベクトルの符号割当てを図形ごとに変更するのは繁雑である。和文、図形では $k \geq 17$ ではほとんど

符号量が変わらず、また欧文の最適値が $k=15$ 前後であることから、 $k=17$ に固定する。また、評価した全図形に対する平均的なベクトル選択率を求めて、表1に示すビット数のハフマン符号を図2の各ベクトルに割り当てる。

図2のような主ベクトルの群の数が3の場合に対して、それを1にした場合( $A$ のみ)の符号量を図5中に破線で示す。実線で示す群の数3の場合に比べてどの図形に対しても効率が大幅に悪化する。また、群の数を5以上にすると、近似判定手続きに不規則な処理が多くなり複雑化すると同時に、終点候補の増加で符号量も増加する。

### 3.3 不感応領域、データバッファ

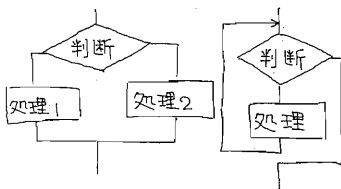
3.1で述べた標準化速度および分解能における、隣接標本点間の距離の発生確率を図6に示す。0および1リンクの発生確率が高く、これらをすべて符号化すると符号量が増大する。特にペンの動きが遅い場合には、ディジタイザの読取り誤差などで図形に細かい振動が生じ画質が劣化するほか、不適切な予測方向が発生しやすくなり、符号化効率が悪化する。これを防止するため不感応領域を設ける。ここでは前の標本点に隣接する8近傍点を不感応領域とする。図形入力時に不感応領域に標本点が生じた場合には、それを無視する。

*The correction of bugs that are discovered in a system during its productive lifetime.*

1cm

システム設計はSEと呼ばれる比較的経験年数の多い技術者によって実施される。

1cm

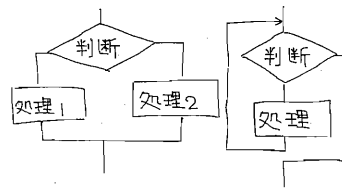


1cm

Original drawings

*The correction of bugs that are discovered in a system during its productive lifetime.*

システム設計はSEと呼ばれる比較的経験年数の多い技術者によって実施される。



Decoded pictures

図3 原図，復号図例

Fig. 3 Some samples of original drawings and there decoded pictures.

従って、隣接する標本点間は常に2リンク以上の距離になる。次に隣接標本点間を完全8連結のデジタル直線で結び、それを2.で述べた方法でセグメントに分割し再標本化する。この程度の大きさの不感応領域による画質の劣化はわずかであることが報告されている<sup>(4)</sup>。

本方式は標本化速度と符号生成速度が異なるため、データバッファを必要とする。しかし、描画像は時間当りの符号生成量が極めて少ない。短時間に大量の符号が生成されるのは、例えば図7のようにある領域をかなり速いペン速度で塗りつぶすような場合であるが、符号量は600ビット/秒弱であり、このような操作が数十秒以上連続することはほとんどないので、バッファは小容量で十分である。

3.4 符号語の構成

本方式の符号の生成手続きを図8に示す。先頭の1ビットでストローク先頭座標の相対値、絶対値表示の切換えを行う。相対値の場合は $x, y$ 各6ビット、絶対値は各10ビットの座標値を与える。次に、ストロークの初期方向を3ビット(8方向)で与える。その後に表示

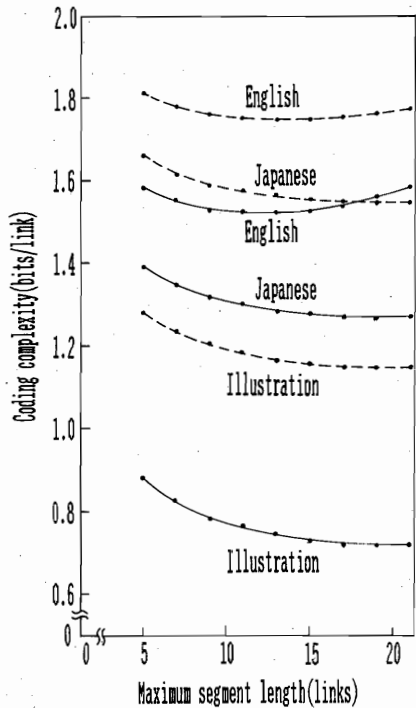


図5 最大セグメント長と符号量  
Fig. 5 Maximum segment length vs. coding complexity.

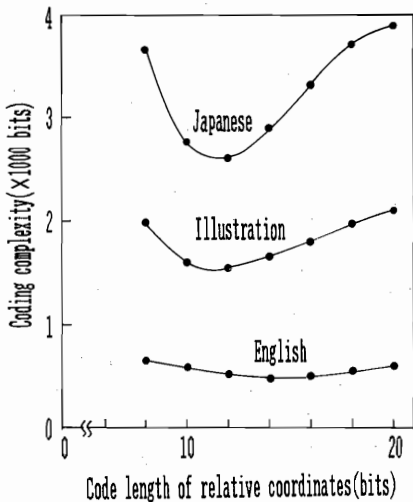


図4 ストローク先頭座標の符号長と符号量  
Fig. 4 Code length vs. coding complexity of stroke heads.

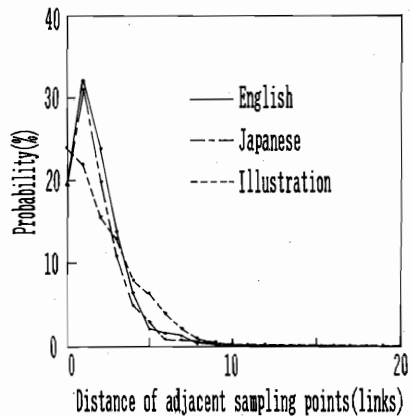


図6 隣接標本点間距離の発生確率  
Fig. 6 Distance probability between adjacent points.

表1 量子化点識別符号長(ビット)

群番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	6
B	4	4	5	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	7
C	4	4	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	7
Z	5	7	7	7	5												

( $k=17$ )

1に示すビット数の描画符号列がストロークの終端まで続く。描画終了情報ならびに1座標点だけで構成されるストロークは、上述の手続きでは表現できないので、相対座標の隅の座標コード(12ビット)を用いて識別する。

#### 4. 符号化特性

前述の和文5種類、欧文3種類、図形3種類の符号化を行い、平均的な符号化特性を他の符号化法と比較した。比較を行った各方式の符号化条件は次のとおり。

• MDPCM方式<sup>(3)</sup>:

絶対座標 20ビット 相対座標 8ビット

• リング状領域選択型 DPCM<sup>(5)</sup>:

領域切換え符号 2ビット 領域内符号 4, 6, 8ビット

• ゾーン符号化法<sup>(6)</sup>:

象限識別符号 1, 2, 3, 4ビット(差分符号)  
ゾーン符号 7, 8, 6, 3, 5, 4, 1, 4, 5, 3, 6,

7, 6ビット

• EWE符号化法<sup>(4)</sup>:

$$r_{wmin}=2 \quad r=w_{max}=16$$

また、可変長セグメント法の符号化条件は3.で示したとおりである。

表2に原図形1リンク当りの符号量の比較を示す。1リンク当りの符号量 $p$ は、図形表現に必要な全符号量を $t$ 、ストローク先頭座標の全符号量を $s$ 、原図形の全リンク数を $q$ 、ストローク先頭点の総数を $r$ として、次のように定義した。

$$p=(t-s)/(q-r) \quad (2)$$

表3は単位時間当りに生成される符号量の比較を示す。可変長セグメント法の数値は3.で述べたようにス

表2 1リンク当りの符号量(ビット/リンク)

	MDPCM	RING	ZONE	EWE	可変長セグメント
欧文	6.46	4.99	3.20	1.79	1.62
和文	4.30	3.56	2.63	1.62	1.38
図形	4.72	3.82	2.45	1.58	1.02

(ストローク先頭座標は含まず)

表3 単位時間当りの符号量(ビット/秒)

	MDPCM	RING	ZONE	EWE	可変長セグメント
欧文	238.1	187.4	126.0	77.4	66.8(71.2)
和文	246.8	212.7	169.5	122.9	95.6(111.9)
図形	265.7	219.5	148.7	104.2	70.2(75.0)

可変長セグメントのストローク先頭座標は相対座標と絶対座標を切り換えた場合(括弧内は絶対座標のみの場合)

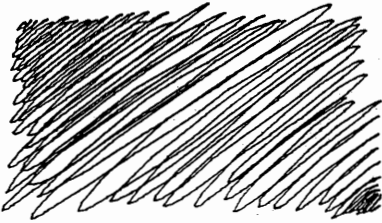


図7 塗りつぶしの例  
Fig. 7 An example of painting.

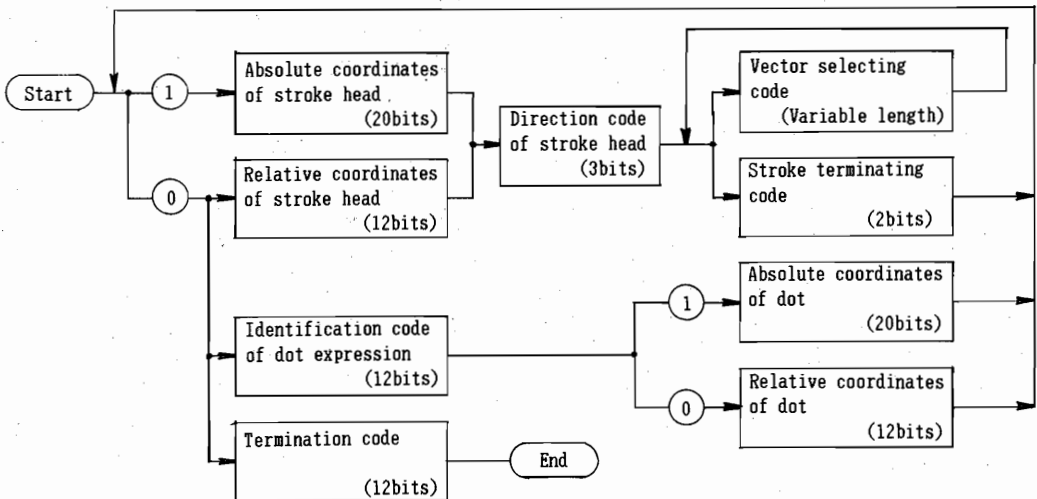


図8 符号化手順  
Fig. 8 Coding procedure.

トローク先頭を相対座標と絶対座標の切換えで表現した場合の値、( )内は絶対座標のみで表現した場合の値である。

可変長セグメント符号化法はすべての描画像で他の符号化法より少ない符号量を示した。特に、文字より図形に対する圧縮効果が高い。これは、EWE など他の符号化方式が描画信号に含まれる高い周波数成分に合わせて標本化周波数を決定しているため、高い周波数成分の少ない図形に対しては標本化周波数が必要以上に高すぎて冗長になるためである。本方式は描かれた図形の形状に合わせて再標本化を行うので高い符号圧縮率が実現できる。

復号図形の例を原図と対比して図3に示す。セグメント切出しの際に2.で述べた近似を行っているが、この近似による画質劣化はわずかである。

## 5. む す び

本論文では、標本点データから描画像の複雑さに合わせて線分を再構成し符号化する可変長セグメント符号化法を提案し、その符号化性能を示した。セグメントの終点候補と近似判定パスを1対1に対応させ、それらを統計的性質を利用し規則的に配置することにより、符号化手続きの簡素化と符号化効率の向上を同時に実現した。

可変長セグメント符号化法はMDPCMの約32%、EWE符号化法の約85%の符号量まで圧縮可能であり、描画像の伝送、記憶、他の情報との多重化など各種の応用に有利である。特に単純な線図形やペン移動速度の遅い場合などは有利である。

本方式はセグメント再構成時に若干の近似を行うが、復号図例で示したように劣化はほとんど目立たない。本方式の短所はセグメントを再構成するためのバッファメモリの必要性和処理手続きの増加であるが、バッファは前述のような理由で数キロバイト程度で十分であり、また、処理手続きも16ビットマイクロプロセッサで十分実時間処理可能である。また、本方式はセグメントの再構成を行うので、順次入力される描画像だけでなく、地形図などの線図形の符号化にも適用可能である。

**謝辞** 本学在学中に実験等にご協力頂いた下条義満氏(現北海道大学大学院工学研究科)ならびに新潟県立巻工業高校教諭鈴木隆之氏に感謝いたします。

## 文 献

- (1) 佐藤, 岸本, 秋山, 大塚: “描画像通信方式”, 研実報, **32**, 3, pp. 727-734 (昭58).

- (2) 村上, 久樹, 有川: “オーディオ・ドキュメント会議システムの検討”, テレビ学技報, **ICS60-4** (昭58-03).  
 (3) 岸本, 佐藤: “描画像信号処理方式”, 研実報, **32**, 3, pp. 745-754 (昭58).  
 (4) 富永, 藪崎, 恩田: “テレライティング通信のための描画像の統計的性質を考慮した符号化方式Elastic Window Encoding”, 信学論(D), **J68-D**, 4, pp. 631-638 (昭60-04).  
 (5) 宮里 勉: “手書き信号符号化におけるリング状領域選択型DPCM方式”, テレビ誌, **39**, 10, pp. 1003-1009 (昭60-10).  
 (6) 岸本, 佐藤, 釜江: “描画像信号のゾーン符号化法”, 信学技報, **IE82-68** (1982-12).  
 (7) 大塚, 岸本, 佐藤: “描画像信号のアダプティブ標本化の検討”, 信学技報, **IE82-48** (1982-07).  
 (8) 木本, 安田: “デジタル線図形の完全8連結に基づく高効率符号化方式”, 信学論(D), **J66-D**, 7, pp. 872-879 (昭58-07).

(昭和63年3月17日受付, 5月30日再受付)



石井 郁夫

昭38新潟大・工・電気卒, 昭39新潟大・工・電子・助手, 昭42同講師, 昭46同助教, 現在同情報助教授。立体画像の表示・入力, 音声・画像・図形の符号化などの研究に従事。工博(東工大), 情報処理学会会員。



大和 淳二

昭22東北大・工・電気卒, 同年通信省入省, 昭56新潟大・工・情報・教授, 工博。この間, 電子交換方式, 画像処理, 3次元情報入出力などの研究に従事。日本ME学会, 画像電子学会, 日本医療情報学会各会員。



牧野 秀夫

昭51新潟大・工・電子卒, 昭53同大学院修士課程了, 昭54新潟大・工・情報・助手, 現在に至る。この間昭58より1年間, 情報処理関係内地研究員として北大・応電研・生体制御部門においてマイクロプロセッサを中心とした心臓ペースメーカおよび植込み型除細動器の研究に従事。工博。情報処理学会, 日本ME学会, 日本医療情報学会, 日本人工臓器学会, IEEE各会員。