

修士学位論文

多フォント文字認識手法に関する基礎的研究

東北大学大学院 工学研究科  
電気・通信工学専攻  
山中 清

# 目次

<b>1</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の目的	3
1.3	本論文の構成	4
<b>2</b>	<b>方向線素特徴量を用いた文字認識手法</b>	<b>5</b>
2.1	まえがき	5
2.2	文字認識システムの構成	5
2.3	システム内の各処理	8
2.3.1	文字入力	8
2.3.2	前処理	8
2.3.3	特徴抽出	12
2.3.4	認識	14
2.3.5	候補出力	14
2.4	性能調査実験	15
2.4.1	目的	15
2.4.2	実験方法	15
2.4.3	実験結果	16
2.4.4	考察	16
2.5	まとめ	20
<b>3</b>	<b>文字認識における輪郭と細線の特性</b>	<b>21</b>
3.1	まえがき	21
3.2	仮名文字認識率の相違	21
3.2.1	目的	21

3.2.2	調査結果	22
3.2.3	考察	22
3.3	誤認識文字の相違	26
3.3.1	目的	26
3.3.2	調査結果	26
3.3.3	考察	26
3.4	まとめ	29
4	複合化処理を導入した文字認識手法	30
4.1	まえがき	30
4.2	複合化方法	31
4.3	信頼性評価の妥当性	33
4.4	文字認識実験	40
4.5	まとめ	40
5	結論	45
5.1	本研究の成果	45
5.2	今後の課題	46
	謝辞	47
	参考文献	48
	研究業績	50
	付録	51
A	使用フォントの画像	51

## 図目次

2.1	文字認識システムの構成	7
2.2	平滑化用マスク	9
2.3	正規化後と細線化後の文字画像	11
2.4	方向線素特徴量抽出	13
2.5	輪郭使用時と細線使用時の線幅依存性	17
3.1	輪郭と細線のフォント依存性	23
4.1	複合化処理の効果	30
4.2	複合化処理を導入した文字認識システム	32
4.3	距離比と誤認識文字存在率(明朝体 A)	33
4.4	距離比と誤認識文字存在率(明朝体 B)	34
4.5	距離比と誤認識文字存在率(明朝体 C)	34
4.6	距離比と誤認識文字存在率(明朝体 D)	35
4.7	距離比と誤認識文字存在率(明朝体 E)	35
4.8	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 A)	36
4.9	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 B)	36
4.10	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 C)	37
4.11	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 D)	37
4.12	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 E)	38
4.13	距離比と誤認識文字存在率(ゴシック体 F)	38
4.14	距離比と誤認識文字存在率(楷書体)	39
4.15	距離比と誤認識文字存在率(丸ゴシック体)	39
4.16	複合手法の一位認識率	42
4.17	複合手法の十位累積認識率	44

A.1 使用データ(明朝体 A) . . . . .	52
A.2 使用データ(明朝体 B) . . . . .	53
A.3 使用データ(明朝体 C) . . . . .	54
A.4 使用データ(明朝体 D) . . . . .	55
A.5 使用データ(明朝体 E) . . . . .	56
A.6 使用データ(ゴシック体 A) . . . . .	57
A.7 使用データ(ゴシック体 B) . . . . .	58
A.8 使用データ(ゴシック体 C) . . . . .	59
A.9 使用データ(ゴシック体 D) . . . . .	60
A.10 使用データ(ゴシック体 E) . . . . .	61
A.11 使用データ(ゴシック体 F) . . . . .	62
A.12 使用データ(楷書体) . . . . .	63
A.13 使用データ(丸ゴシック体) . . . . .	64

## 表目次

2.1	パターン整合法と構造解析法の長所・短所	6
2.2	従来法的一位認識率(クローズ実験)	18
2.3	従来法的一位認識率(オープン実験)	18
2.4	従来法の十位累積認識率(クローズ実験)	19
2.5	従来法の十位累積認識率(オープン実験)	19
3.1	従来法の仮名文字一位認識率(クローズ実験)	24
3.2	従来法の仮名文字一位認識率(オープン実験)	24
3.3	従来法の仮名文字十位累積認識率(クローズ実験)	25
3.4	従来法の仮名文字十位累積認識率(オープン実験)	25
3.5	一位候補での共通誤認識文字数(クローズ実験)	27
3.6	一位候補での共通誤認識文字数(オープン実験)	27
3.7	十位累積候補での共通誤認識文字数(クローズ実験)	28
3.8	十位累積候補での共通誤認識文字数(オープン実験)	28
4.1	複合手法の一位認識率(クローズ実験)	41
4.2	複合手法の一位認識率(オープン実験)	41
4.3	複合手法の十位累積認識率(クローズ実験)	43
4.4	複合手法の十位累積認識率(オープン実験)	43

# 第1章

## 序論

### 1.1 研究の背景

近年、計算機の普及は、性能の向上と価格低下、大容量補助記憶装置等の周辺機器の充実により、一般家庭にまで進んでいる。計算機の用途は、学問の分野での数値シミュレーションから個人の趣味・娯楽に関するものまで多岐にわたって存在する。中でも高度情報化社会における情報の収集・整理は、計算機が果たす役割として非常に重要なものの一つである。そのため、計算機の発達と同時に計算機で扱いやすいように情報を加工する技術も高まってきている。現に、画像・音声といった情報が電子化され、CD-ROM・LD・MD等にコンパクトに収められた形で、我々の周りに数多く存在する。こうした情報の電子化は、書籍・書類・新聞などの紙面に書かれた文字情報に対しても図られている。

文字情報のデータベース化は、これまでに積み重ねられてきたものを保存するという意味においても特に重要である。しかしながら、情報形態の中でも特に膨大な情報量が出回り、保存にもかなりの場所を要するのにもかかわらず、辞書・辞典・書籍のごく一部しか電子化されていないのが現状である。その原因となっているのが、文書をデータベース化する際の、計算機への入力の手間である。今のところ、文字入力の作業は、人間がキーボード等を操作して行うのが大半であるため、かなりの時間を必要とする。そこで、スキャナーに文書を乗せるだけで、自動的に計算機にその文書中の文字を読み取らせるOCR (Optical Character Reader) と呼ばれる装置が、文字情報のデータベース作成時の省力化に有効なマンマシンインタフェースとして以前から注目されている [1][2][18][19][20]。

実際にOCRが登場したのは、昭和40年に入ってからであった。当初は、読み取り可能な字種が数字10種類程度に限られていた。また、OCRを構成する計算機やスキャナーといったハードウェアもたいへん高価であった。そのため、郵便番号の自動読み取り装置などにしか実用化し得なかった。しかし、昭和50年代には、数千種の印刷漢字を読み取り対象にできるようになった[22]。現在では、OCRはより複雑とされる手書き漢字も読み取りの対象にできるまでに至り、単独でOCRとして市販されている以外に、家電製品とまで言えるようになったワードプロセッサに標準装備される形で販売されているものもある。このように、OCRは徐々にではあるが、前述した計算機と同様に、一般家庭にもその姿を見せるようになっていく。このOCRで読み取り対象となる文字の種類や、その読み取り精度を決めるのが、文字認識の技術である。

文字認識に関する研究は、約30年前に始められた。研究が始められた頃と比べ、今日では認識技術が高度化し、数千種類の手書き文字が認識の対象となっているのは、先のOCRの説明で述べた通りである。しかし、対象が手書き文字にまで広がったとはいえ、印刷文字においても解決しなければならない問題がある。その問題点をここでいくつか挙げてみると

- 単独では識別できない「へ」(平仮名)と「へ」(片仮名)・「夕」(片仮名)と「夕」(漢字)だけでなく、「ぱ」と「ぱ」・「王」と「玉」・「問」と「間」などの類似文字が多い。
- 明朝体・ゴシック体・教科書体・楷書体・丸ゴシック体など、複数のフォントが存在する。
- 潰れや掠れのある低品質な文字が、認識前から文書に存在したり、スキャナーで取り込んだ時に発生する。

といったことがある[21][22]。

このような問題があるために、いまだに人間と同程度に認識することはできていない。OCRでは、文書を認識した際の認識結果における誤認識が生じた箇所の確認と、誤認識した文字を正しい文字に修正する作業は、人間自身が労力を費やして行わなければならない。そのため、文字認識における認識率が低ければ、それがそのまま手間の増加につながるのである。それゆえ、依然として大量の文書を認識するのは困難であり、文字認識の更なる高精度化が必要とされている。



## 1.2 研究の目的

現行の文字認識技術の問題点をいくつか前節で述べたが、誤認識された時の認識結果の出方により、それらは二つに分類することができる。通常、認識結果は、認識の対象となる文字に近いと判断された順に一位候補、二位候補、三位候補、…というように出力される。類似文字に対しては、一位候補として正解の文字が出力されなくとも、候補順位としては比較的上位のところに正解文字が存在する。一方、多フォント文字や潰れ文字では、正解文字が全く似ていない文字として扱われ、順位としてはかなり下位の方にはか出てこない。後者の場合、知識処理などを用いた後処理により誤認識文字を救済することも難しくなる。このことから、文字認識手法を高精度化するためには、多フォント文字と潰れ文字への対策をとることが重要であると言える [20]。

そこで、まず、多フォント文字の認識について考えてみることにする。数年前までは、文書に使用されるフォントはその多くが明朝体とゴシック体であった。これは、市販のワードプロセッサなどに、せいぜい明朝体とゴシック体の二種類のフォントしか標準では入っていなかったからであろう。ところが、今日では内蔵されているフォントの数も増え、簡単に何種類ものフォントを使って文書を作ることができるようになった。こうした文書に使用されるフォントが増加する傾向は、今後も続くと思われる。そのため、これからの多フォント文字認識手法としては、より多くのフォントに対応させるに留まらず、全くの未知フォントにも強いことが必要である。

多フォント文字認識における問題点は、同じ文字でもフォントによって形が異なっているということだけではない。文字認識を行う際、スキャナーから入力された文書の画像は二値化される。その時に、一紙面内に複数のフォントが存在すると、低品質文字が発生しやすい [15] ということも問題点として挙げられる。このように、多フォント文字と潰れ文字の問題は独立したものではない。多フォント文字認識手法の高精度化を考えるに当たっては、潰れ文字への対応も含めて考慮すべきであると思われる。

以上のことから、本研究では、

- 未知フォントへの柔軟性
- 潰れ文字への対応

の2点に重きを置いた高精度な多フォント文字認識手法を考案することを目的とする。

### 1.3 本論文の構成

本論文は5章から成り、各章の内容は以下の通りである。

- 第1章 序論として本研究の背景と目的を述べる。
- 第2章 本研究で実験に使用する文字認識手法の各処理について説明した後、その認識性能を調べる。
- 第3章 文字の線幅を1にする処理でよく用いられる輪郭抽出と細線化の多フォント文字認識に対する特性を、認識実験を通じて調査する。
- 第4章 前章で調べた輪郭抽出と細線化の特性を基に、高精度な多フォント文字認識手法を考案し、また、その性能を評価するための実験を行う。
- 第5章 本研究の結論及び今後の課題について述べる。

## 第2章

# 方向線素特徴量を用いた文字認識手法

### 2.1 まえがき

本章では、まず初めに、本論文中で行う文字認識実験で使用する個別文字認識システムの構成、並びに、その文字認識システム内で行われている処理について説明をする。ただし、本研究で取り扱うことにした文字認識手法は、以前に提案されているものであり、詳細な説明は既に行われている。従って、文字認識システム内の処理については簡単な説明を行うに止める。

従来の個別文字認識手法を説明した後、その文字認識手法を用いて、実際に個別文字認識実験を行う。未知フォントと潰れ文字に対してどの程度の認識精度を持つかを、その認識実験を通して調査する。

### 2.2 文字認識システムの構成

文字認識の手法を大きく分けると、パターン整合法と構造解析法の二つが存在する。両者の特徴について簡単に述べておく。

パターン整合法は、入力文字パターンと代表パターン(辞書と呼ばれる)との重なり具合で類似度の評価が行われる。そのため、潰れ・掠れ・ノイズを含んでいる低品質な文字の認識に向いている。また、パターン整合法は処理が高速であるということや、文字パターンが通常ベクトルで表現されるため、計算機上での実現が容易であるという長所を持つ。短所としては、類似文字の識別が困難であることや、文字の変形に弱いという点が挙げられる。

これに対して、構造解析法は、線分の位置関係や接続関係などの文字構造に着目し、その類似性を求めて認識をする。従って、パターン整合法とは逆に、構造解析法は類似文字の多い漢字の認識に強く、同一文字でも変形が著しく大きい手書き文字の認識に有効な手法であると言われている。しかし、低品質文字に対しては、構造特徴が欠損するために、認識手法によっては即認識不可能となることがある。加えて、計算機上での特徴量の定義・抽出が難しくなり、アルゴリズムが複雑になる傾向があるといった問題点が存在する [6][14][19][20]。パターン整合法並びに構造解析法の長所・短所を表 2.1 にまとめた。

表 2.1: パターン整合法と構造解析法の長所・短所

認識手法	長所	短所
パターン整合法	低品質文字に強い 処理が高速	類似文字の識別に弱い 文字変形に弱い
構造解析法	類似文字の判別に強い 文字変形に強い	低品質文字に弱い アルゴリズムが複雑

本研究では、前章で述べたように認識対象を印刷文字とし、低品質文字への強さを備えた多フォント文字認識を行うことが目的である。そこで、低品質文字に強いということでパターン整合法を選んだ。その中でも、未知フォント文字を扱うことを考慮に入れ、文字の変形に比較的強い方向線素特徴量によるパターン整合法を使用することにした。方向線素特徴量を用いたパターン整合法による文字認識システム [18][20] の構成を、図 2.1 に示す。その認識システムの中で行われている各処理については次節で説明する。

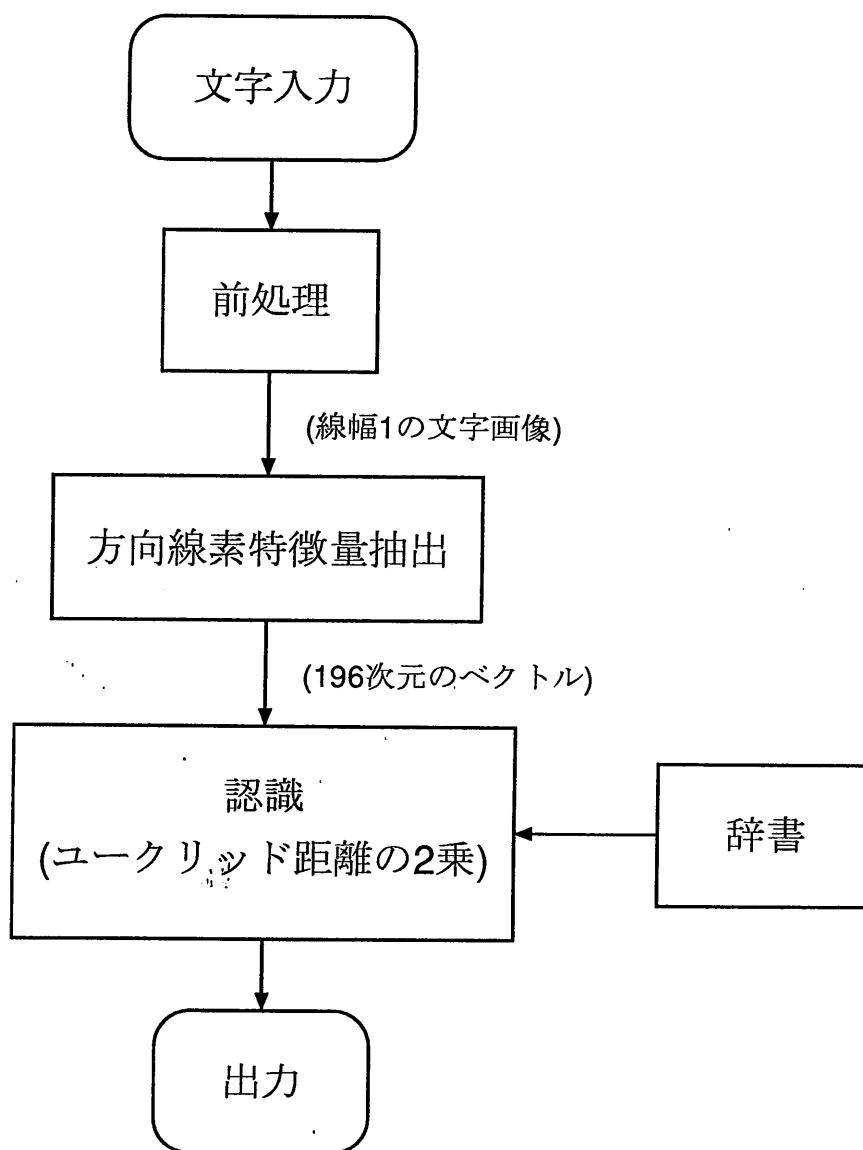


図 2.1: 文字認識システムの構成

## 2.3 システム内の各処理

### 2.3.1 文字入力

本研究では、個別文字認識を対象としているので、認識に使用する文字データは既に各文字毎に切り出されたものを扱う。画像データは二値化されており、一つの文字は $128 \times 128$ ドットの大きさに切り取られている。ただし、 $128 \times 128$ ドット以上の文字は扱っていないので、文字領域の周囲は空白かノイズが存在している。

### 2.3.2 前処理

方向線素特徴量は、入力された文字画像のデータからそのまま抽出することができない。そこで、方向線素特徴量抽出が可能な画像に加工するため、ノイズ除去・平滑化・正規化・細線化の4つの処理が施される。この4つの処理、もしくはこれらに線素化を加えた5つの処理を前処理と呼ぶ。前処理は特徴量を安定に抽出するためにも必要な処理である。線素化を除いた各処理は以下の通りである。

- **ノイズ除去**

入力画像には、スキャナで読み取る以前に汚れがある場合だけでなく、印刷時のプリンタの状態やスキャナの性能、印刷文書の紙質などで、少なからずノイズが発生する。これらは正規化を行う際に悪影響を及ぼすため、修正する必要がある。今回のノイズ除去では、 $2 \times 2$ ドット以下の孤立点をノイズと見なし、除去を行う。

- **平滑化**

ノイズ発生の原因と重なるが、印刷時のプリンタの状態や印刷文書の紙質などで、入力された文字線分上に凹凸ができることがある。線分に凹凸があると線素化時に望ましくない線素が発生してしまう。その影響を軽減するため、図2.2で示される $3 \times 3$ ドットのマスクを用意し、その周囲8近傍によって平滑化すべき点か否かを判断するという処理を行う。図2.2で示したマスクで、上の二列が横線用、下の二列が縦線用である。斜めの線分に対しては平滑化は行われない。

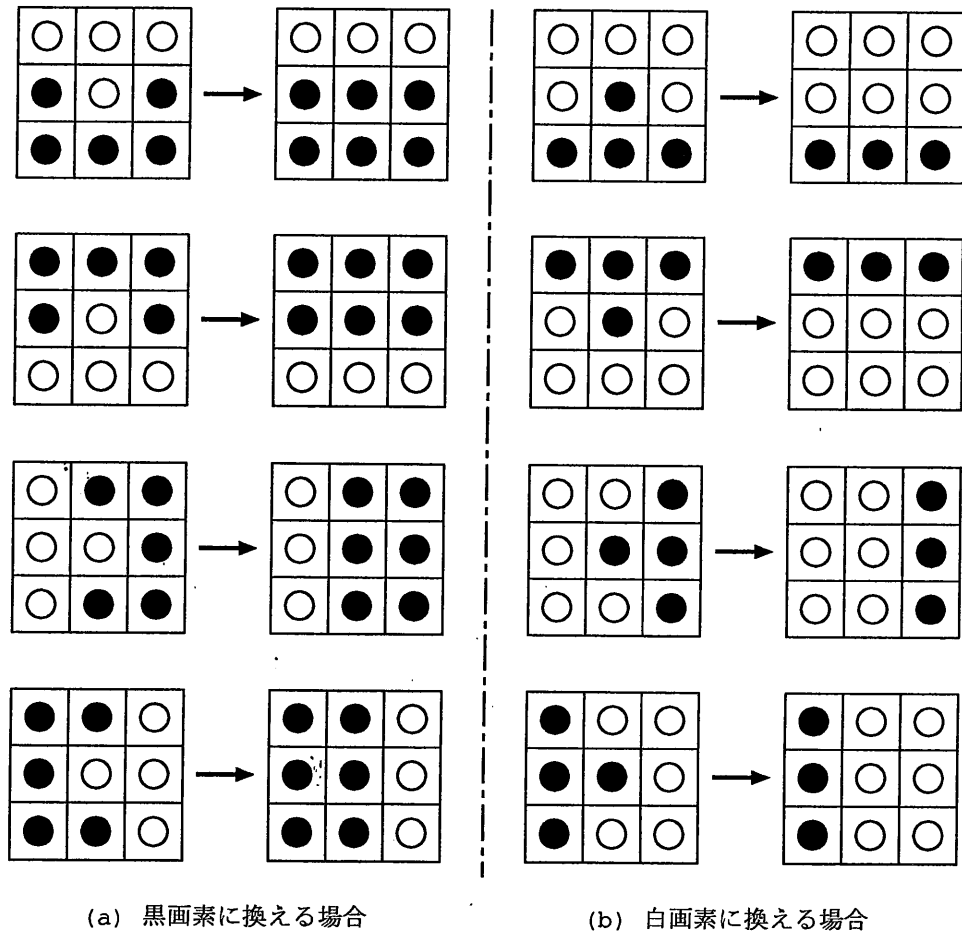


図 2.2: 平滑化用マスク

- **正規化**

一般に、入力された文字画像の大きさは、各文字毎に異なっている。そこで、入力文字画像を一定の大きさ(本研究では64×64ドット)に拡大あるいは縮小するのが、本研究で言うところの正規化処理である。この処理を行うことにより、文字の存在領域の補正や大きさによる認識への影響を吸収する効果が得られる。正規化には、単純に縦・横両方向に一定のサイズになるように線形伸縮する線形正規化の他に、文字画像の線密度分布をなるべく均一にするように拡大・縮小を行う非線形正規化がある。本研究では線形正規化を用いているが、縮小に際しては細線保存縮小変換法 [12] を導入し、文字の構造情報の消失をより少なくした。正規化処理を行った後の文字画像を図 2.3(a) に示す。

- **細線化**

文字の線分の太さは各文字毎に、また、一つの文字内の各線分毎においても異なっている。細線化は、全ての線分の太さを1ドットの幅に変換し、文字の線幅の違いを吸収するための処理である。細線化処理は、これまでに数多くの手法が提案されている [3][4][5][7][10] が、ここでは処理後の画像がかなり異なったものになる三手法について簡単に説明する。

- ・ **輪郭抽出法**：画像の最外郭の1ドットのみを残すというもので、処理としては最も簡単な手法の一つである。そのため、他の細線化手法に比べ高速である。また、文字認識においては、潰れ文字に対して情報を完全には失わないことからよく使われる。
- ・ **Hilditch の細線化法**：周囲の画素から、その近傍8ドットの連結性を失わないように1ドットずつ削ることを繰り返して、最終的に線幅1の画像を得る手法である [3]。最も基本的な細線化手法として知られており、使用されることも多い。
- ・ **字形抽出法**：Hilditch の細線化法などで細線化を完全には行わず、細線化回数に上限を設け、線幅が1となっていない部分は輪郭をとるという方法である。潰れ文字に対して、輪郭をそのまま使うよりも有効であるとされている [18]。

各手法を適用した後の文字画像を図 2.3 に示す。



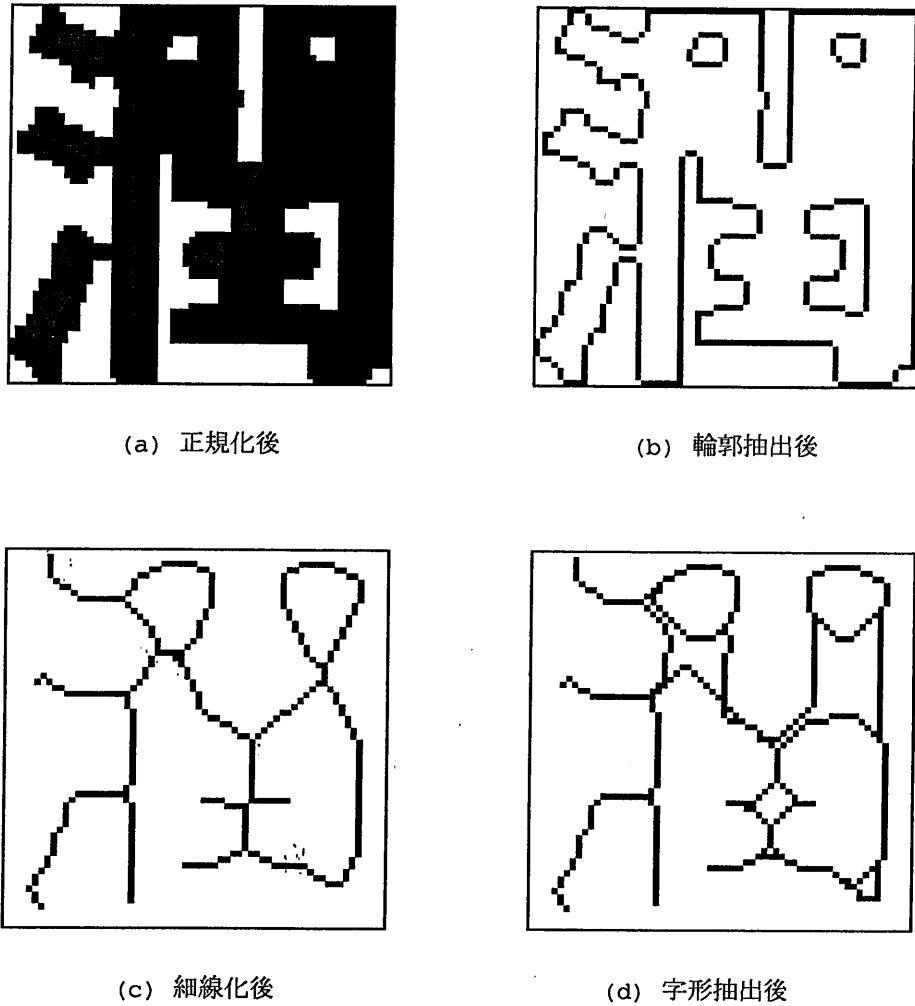


図 2.3: 正規化後と細線化後の文字画像

### 2.3.3 特徴抽出

パターン整合法では、処理の高速化やパターン分離の効率化などのために、文字パターンの特徴量を一つの数値ベクトルに変換する。この変換過程を特徴抽出と呼ぶ。以下では、方向線素特徴量の抽出方法について説明する。

- 線素化

線素化は、細線化された文字画像の各黒画素に対して、その周囲  $3 \times 3$  の小領域を参照し、縦「|」・横「—」・斜め  $45^\circ$ 「/」・斜め  $135^\circ$ 「\」の4方向の中で、最も自然と考えられる方向を一つ割り当てる処理である。方向線素特徴量を抽出するための前処理という言い方もできる。

- 方向線素特徴量の抽出

方向線素特徴量を抽出するためには、まず、図2.4のように  $64 \times 64$  ドットの線素化された文字を8ドット間隔で縦横に分割する。そうすると、 $16 \times 16$  ドットの大きさの部分領域を49個、互いに隣接する領域と重なりを持つようにしてとることができる。この各部分領域は、そこに含まれる線素について、一つ方向を一要素とする4次元ベクトルに対応付けられる。第  $n$  部分領域を表すベクトルを

$$\mathbf{x}_n = (x_n(|) \ x_n(—) \ x_n(/) \ x_n(\backslash)) \quad n = 1, 2, 3, \dots, 49 \quad (2.1)$$

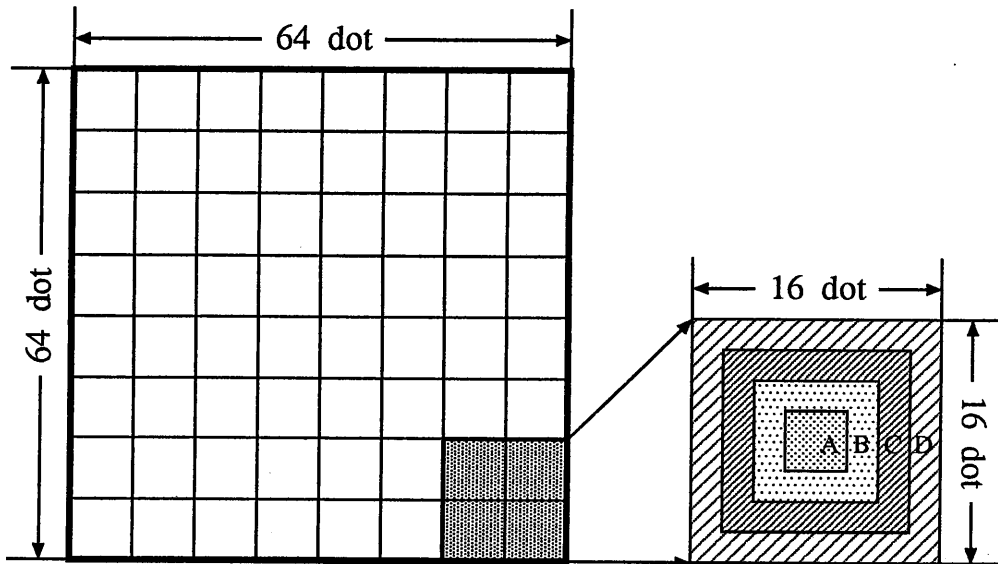
とすると、ベクトルの各要素  $x_n(k)$  の値は、

$$\begin{aligned} x_n(k) &= e_A(k) \times 4 + e_B(k) \times 3 + e_C(k) \times 2 + e_D(k) \times 1 \\ k &= |, —, /, \backslash \end{aligned} \quad (2.2)$$

というように、図2.4で示した重みを付けた線素の個数の和となる。ただし、 $e_A(k)$ 、 $e_B(k)$ 、 $e_C(k)$ 、 $e_D(k)$  は、図2.4における領域  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  に存在する方向  $k$  の線素の個数である。従って、最終的には一つの文字が

$$\mathbf{X} = (\mathbf{x}_1 \ \mathbf{x}_2 \ \dots \ \mathbf{x}_{49}) \quad (2.3)$$

と、 $196(49 \times 4)$  次元のベクトルで表現される。



線素の種類：“|”，“—”，“/”，“\”

一部分領域：16 × 16 ドット

部分領域数：7 × 7 = 49 個

次元数：4 × 49 = 196 次元

重みの値：領域 A → 4 倍

領域 B → 3 倍

領域 C → 2 倍

領域 D → 1 倍

図 2.4: 方向線素特徴量抽出

### 2.3.4 認識

認識部では、各文字の標準パターンと特徴抽出で得られた入力文字の特徴量により評価値(距離)を求める。その評価値から入力文字が登録文字の中のどの文字に似ているのかを判断し、近い順に決められた数だけ候補文字を出力することになる。ここでは、認識部で用いる辞書・評価値について説明する。

- 辞書

パターン整合法では、入力パターンと標準パターンを比較し、最も距離の小さかった標準パターンのコード(文字を示す)を認識結果として出力する。そこで、認識の対象となる全ての文字の標準パターンを予め用意しておく必要がある。このように予め用意された標準パターンをまとめて登録したものを辞書と言う。一般に、各文字に対していくつかのサンプルを用意し、それらのサンプルパターンから重心ベクトルを求めて、その文字の標準パターンとする。本研究においても、サンプルパターンから得られる重心ベクトルを辞書として用いる。

- 評価値

入力文字の特徴量と標準パターンとの類似性や整合性は、評価値により決定される。評価値としては、シティブロック距離やユークリッド二乗距離、あるいはユークリッド二乗距離に重みを付けた重み付きユークリッド二乗距離などを用いることが多い。本研究では、下式で定義されるユークリッド二乗距離を使用する。

$$D(\mathbf{X}, \mathbf{U}) = (\mathbf{X} - \mathbf{U})(\mathbf{X} - \mathbf{U})^t \quad (2.4)$$

ただし、 $\mathbf{X}$  は入力パターンベクトル、 $\mathbf{U}$  は標準パターンベクトルである。

### 2.3.5 候補出力

評価値を計算した後、各文字毎に評価値の小さい方から順に、予め決められた候補数だけ一位候補、二位候補、…と出力する。以降では、単に認識率と言った場合は一位候補文字の正解率のことを、 $N$ 位累積認識率と言った場合は $N$ 位候補までの正解率を累積したものを指すことにする。

## 2.4 性能調査実験

### 2.4.1 目的

本節で行う認識実験の目的は二つある。一つは従来の方向線素特徴量による文字認識手法(従来法)が、どの程度未知フォントに対応できるのかを知ることである。もう一つは輪郭抽出法を採用した場合と Hilditch 細線化法を用いた場合を比較して、潰れ文字にどれだけ強くなるのかを調べることである。

以下では便宜上、Hilditch 細線化法を単に細線化と呼ぶ。また、輪郭抽出後の画像を指して輪郭、細線化後の画像を指して細線と呼ぶことにする。

### 2.4.2 実験方法

明朝体とゴシック体を4セットずつ用いて辞書を作成する。その辞書を使ってクローズ実験とオープン実験の両方を行い、認識結果は一位認識率と十位累積認識率を求める。オープン実験用としては、辞書のフォントと一致した明朝体を1セット、未知フォントへの傾向を見るために楷書体と丸ゴシック体をそれぞれ1セット、そして、潰れ文字に対する性能を調べるためにゴシック体を2セット用意した。

実験で使用した印刷文字データを以下にまとめておく。ただし、1セットは仮名文字169字種とJIS第一水準漢字2965字種の計3134文字から成る。各フォントの文字の実際の字形については、付録を参照していただきたい。

- 辞書作成用(クローズ実験用)
  - ・ 明朝体4セット
  - ・ ゴシック体4セット
- オープン実験用
  - ・ 明朝体1セット
  - ・ ゴシック体2セット(潰れ文字を多く含む)
  - ・ 楷書体1セット
  - ・ 丸ゴシック体1セット

本論文で行う実験は、全て上記の印刷文字データを使用する。

### 2.4.3 実験結果

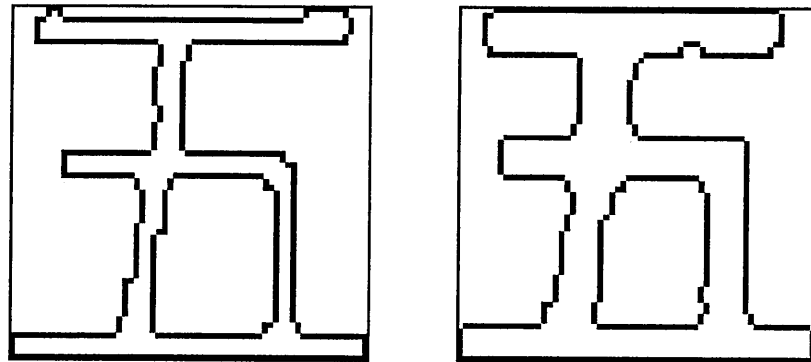
実験の結果を、表 2.2 から表 2.5 に示す。表 2.2 と表 2.3 は一位認識率を、表 2.4 と表 2.5 は十位累積認識率をまとめたものである。

### 2.4.4 考察

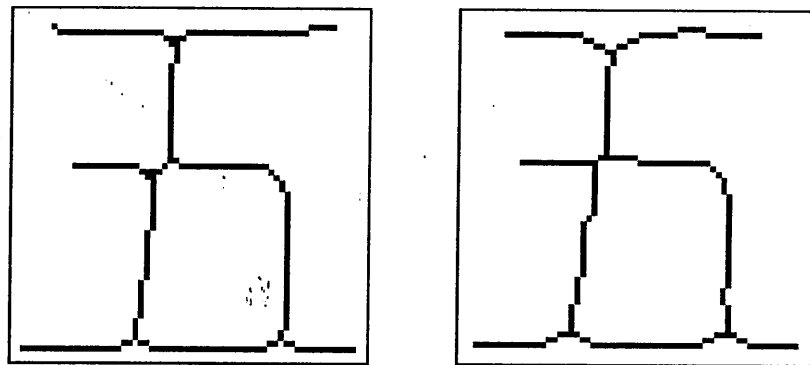
初めに、従来の方向線素特徴量を用いた文字認識手法について検討する。オープン実験での明朝体 E とクローズ実験に対しては、ほぼ 100% に近い認識が可能である。しかし、ゴシック体 E や楷書体の一位認識率が 70% 前後、十位累積認識率でも 90% に到達していない。この結果から、未知フォント文字や潰れ文字に対して何らかの改善をしない限り、個別文字認識手法として実用化することはとても不可能であることが分かった。

次に、輪郭抽出を使用した場合と細線化を使用した場合の認識率の比較を行う。文献 [18] では、輪郭抽出は字形抽出に次いで潰れ文字の認識率が高く、細線化を行った場合が最も認識率が低くなるという結果が得られている。ところが、今回の実験結果を見でみると、予想に反してゴシック体 E とゴシック体 F 共に細線化使用時の方が認識率が良い。このように文献 [18] で報告された結果と異なった原因であるが、考えられるのは輪郭抽出を行った場合に、文字線幅の違いを十分に吸収できなかったということである。図 2.5 に示されるように、輪郭抽出では文字線幅の異なりがそのまま線素の位置の違いとなる。それが特徴抽出の際に影響し、認識率が低下したと思われる。従って、輪郭抽出を用いる場合には、線幅を一定にするような処理を前に入れることが有効であると推測される。

そこで、改めて字形抽出という処理方法を見直してみると、字形抽出法は輪郭抽出を行う前に線幅の違いを吸収する処理を入れたものと捉えることができる。こう考えると、文献 [18] で字形抽出が潰れ文字認識に最も有効であったことに対しても説明が付く。



(a) 輪郭使用時



(b) 細線使用時

図 2.5: 輪郭使用時と細線使用時の線幅依存性

表 2.2: 従来法の一位認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	98.82%	<b>99.74%</b>
明朝体 B	98.28%	<b>99.23%</b>
明朝体 C	98.40%	<b>99.78%</b>
明朝体 D	98.47%	<b>99.46%</b>
ゴシック体 A	98.05%	<b>99.62%</b>
ゴシック体 B	<b>97.48%</b>	96.94%
ゴシック体 C	97.86%	<b>99.20%</b>
ゴシック体 D	98.18%	<b>99.87%</b>
計	98.19%	<b>99.23%</b>

表 2.3: 従来法の一位認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	96.04%	<b>98.25%</b>
ゴシック体 E	<b>74.86%</b>	61.68%
ゴシック体 F	<b>83.12%</b>	73.13%
楷書体	<b>60.40%</b>	55.14%
丸ゴシック体	88.70%	<b>89.53%</b>
計	<b>80.62%</b>	75.55%



表 2.4: 従来法の十位累積認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	100%	100%
明朝体 B	99.71%	99.74%
明朝体 C	99.90%	99.94%
明朝体 D	99.90%	99.97%
ゴシック体 A	99.94%	100%
ゴシック体 B	99.71%	98.56%
ゴシック体 C	99.59%	99.71%
ゴシック体 D	99.81%	100%
計	99.82%	99.74%

表 2.5: 従来法の十位累積認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	99.62%	99.65%
ゴシック体 E	83.57%	71.00%
ゴシック体 F	93.04%	85.67%
楷書体	86.44%	81.56%
丸ゴシック体	98.53%	98.85%
計	92.24%	87.35%

## 2.5 まとめ

本章では、まず、本研究で主として用いる方向線素特徴量による文字認識手法の構成について説明を行った。次に、この従来の方向線素特徴量による文字認識手法が、未知フォントと潰れ文字にどの程度対応できるのかを認識実験により調査した。実験の際には、細線化処理として、輪郭抽出法と Hilditch の細線化法の二つを用いた。どちらの細線化処理においても認識率は低く、80%程度であった。また、この実験により、これまでに言われてきた輪郭抽出法の潰れ文字に対する有効性を発揮させるためには、入力文字の線幅を一定に近付けるような処理を、正規化と細線化との間に介在させる必要があることが分かった。

## 第3章

# 文字認識における輪郭と細線の特徴

### 3.1 まえがき

方向線素特徴量による文字認識システムにおいて、線幅を1にするという意味での細線化処理は、認識結果に及ぼす影響が最も大きな処理の一つであると言える。また、細線化画像を得るために数多くの手法が提案されているのは先に述べたとおりである。しかし、いずれの細線化手法についても、文字認識における有効性の評価、あるいは他手法との比較といったものが、認識率によってしか行われていないのも事実である。

そこで本章では、輪郭抽出法と Hilditch 細線化法という二つの手法の文字認識における特性を知るため、前章で行った実験結果をより詳しく調べることにする。この二つの細線化手法は、処理後に得られる画像が外見上で極端に異なるというだけでなく、実際によく用いられている手法でもある。従って、詳細に特性を調査・検討することは、今後、方向線素特徴量に限らず他の特徴量を使った文字認識手法を高精度化していく上でも重要であると考えられる。

### 3.2 仮名文字認識率の相違

#### 3.2.1 目的

実際の文書においては、仮名文字の出現頻度は漢字の出現頻度に比べてかなり高い。このことから、仮名文字の認識が高精度に行われることは重要である。ここで

は、輪郭使用時と細線使用時それぞれの場合の仮名文字認識率を調べる。ただし、仮名文字のみを使って作成した辞書で認識をするわけではなく、前章の文字認識の実験結果から仮名文字の結果だけを選出する作業を行う。

### 3.2.2 調査結果

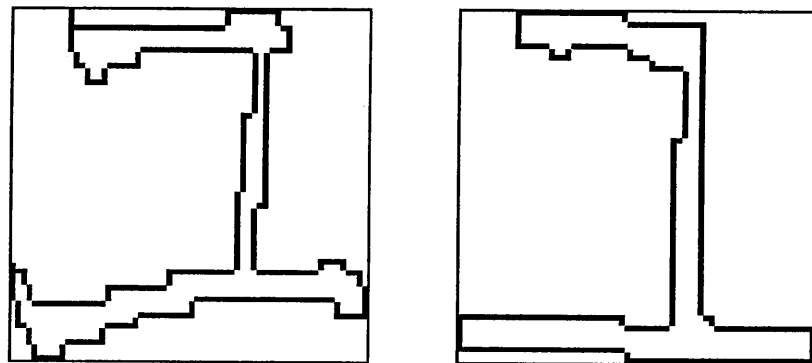
輪郭抽出を用いた時と細線化を用いた時の両者の仮名文字認識率を表 3.1から表 3.4に示す。表 3.1と表 3.2に示したのが一位認識率、表 3.3と表 3.4に示したのが十位累積認識率である。

### 3.2.3 考察

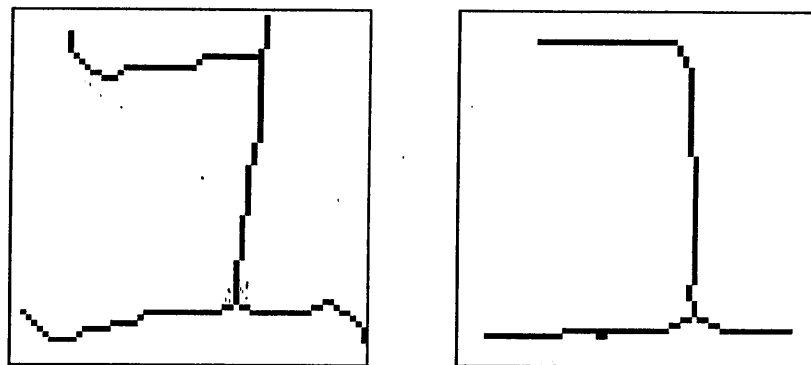
輪郭抽出を用いた時と比較して、細線化を用いた場合には、仮名文字の認識率がクローズ実験とオープン実験共に約 13%低くなるという結果が得られた。ここでは、その理由について考察する。

図 3.1を見てもらいたい。この図は明朝体とゴシック体の文字に対して輪郭及び細線を求めたものである。フォントの違いが最もよく現れている箇所として、文字線分の先端の部位が挙げられる。図 3.1で言うと、一番上の横の線分を見た場合、明朝体では上側が平坦で下側が丸みを帯びているのに対し、ゴシック体では両側共に平坦である。このように、先端部分の違いは文字線分のどちらか一方の側にあることが多い。細線を使用した時は線分の中心が残されるので、先端部分の違いがそのままベクトルの差として現れ易い。しかし、輪郭をとった場合では線分の両側の形が残るので、細線を使用した時と比べてその影響は半分ぐらいで済む。特に仮名文字のように線分が比較的少ない文字では、先端部分の文字全体に占める割合が大きくなる。よって、今回のように輪郭抽出を用いた方が仮名文字の認識率が高いという実験結果が得られたものと考えられる。

輪郭抽出と細線化の違いは、潰れのない文字に対しては線素の個数が単に二倍になるだけであるように思われる。しかし、前回の潰れ文字に対する結果や今回の仮名文字認識率の結果から、潰れもなく線分も少なくない文字についても、輪郭抽出をした場合と細線化をした場合とで認識の得意・不得意が存在することも考えられる。次の節では、この点について検証を行う。



(a) 輪郭使用時



(b) 細線使用時

図 3.1: 輪郭と細線のフォント依存性  
(左: 明朝体、右: ゴシック体)

表 3.1: 従来法の仮名文字一位認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	88.76%	<b>98.22%</b>
明朝体 B	85.80%	<b>97.63%</b>
明朝体 C	82.84%	<b>98.82%</b>
明朝体 D	84.02%	<b>98.82%</b>
ゴシック体 A	81.66%	<b>94.67%</b>
ゴシック体 B	86.98%	<b>96.44%</b>
ゴシック体 C	80.47%	<b>98.82%</b>
ゴシック体 D	82.25%	<b>98.22%</b>
計	84.02%	<b>97.71%</b>

表 3.2: 従来法の仮名文字一位認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	75.74%	<b>94.08%</b>
ゴシック体 E	72.78%	<b>95.27%</b>
ゴシック体 F	67.46%	<b>89.94%</b>
楷書体	77.51%	<b>86.39%</b>
丸ゴシック体	<b>72.78%</b>	68.64%
計	73.25%	<b>86.86%</b>

表 3.3: 従来法の仮名文字十位累積認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	100%	100%
明朝体 B	100%	100%
明朝体 C	98.22%	100%
明朝体 D	98.22%	100%
ゴシック体 A	98.81%	100%
ゴシック体 B	99.41%	100%
ゴシック体 C	96.45%	100%
ゴシック体 D	96.45%	100%
計	98.45%	100%

表 3.4: 従来法の仮名文字十位累積認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	97.04%	100%
ゴシック体 E	95.86%	100%
ゴシック体 F	92.31%	100%
楷書体	98.22%	100%
丸ゴシック体	94.67%	95.86%
計	95.86%	99.17%

### 3.3 誤認識文字の相違

#### 3.3.1 目的

輪郭抽出を行った場合、それから、細線化を行った場合の文字認識においてそれぞれ誤認識が生じる文字が存在する。しかし、その中には双方に共通して誤った文字とそうでない文字とがある。もし共通する誤認識文字の占める割合が高ければ高いほど、文字認識において、輪郭と細線は似た特性を持っていると言える。そこで、両者に共通して誤認識した文字の個数を調べ、互いの認識特性に違いがあるのかを明らかにする。

#### 3.3.2 調査結果

輪郭を用いた時の誤認識文字の個数、細線を用いた時の誤認識文字の個数、そして、その両方で誤認識された文字の個数を、一位候補についてまとめた結果が表3.5と表3.6であり、十位候補までとった場合についてまとめたのが表3.7と表3.8である。

#### 3.3.3 考察

輪郭を使用した時と細線を使用した時でそれぞれ誤認識が生じる。しかし、その内共通して誤った文字の占める割合は、割合が大きくなる方で計算しても、オープン実験において30%程度、クローズ実験においては5%にも満たなかった。確かに、オープン実験においては共通誤認識文字の割合は低いとは言えず、半数近くが共通して誤っているフォントも存在する。しかし、これは文字認識における輪郭と細線の特性が似ていることによるものではなく、文字認識手法自体の認識精度の低さが原因であると考えられる。もし両者の特性が似ていることが原因なら、クローズ実験においても共通誤認識文字の割合が高くなるはずである。

以上のことから、今回の調査の結果は、同じ特徴量を使用しても、輪郭を用いるのと細線を用いるのとでは文字認識手法の特性が異なることを示すものであると言える。言い換えると、全く違った文字認識手法を用いずとも、異なる認識特性を持つ文字認識手法が得られるということである。複数の文字認識アルゴリズムの複合化により認識精度の向上が可能であることは、既に報告されている[13]が、今回の結果によって、輪郭使用時の文字認識結果と細線使用時の文字認識結果を複合することでも認識精度の向上が望めると考えられる。



表 3.5: 一位候補での共通誤認識文字数 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	共通誤字数
明朝体 A	37	8	0
明朝体 B	54	24	0
明朝体 C	50	7	1
明朝体 D	48	17	0
ゴシック体 A	61	12	3
ゴシック体 B	79	96	3
ゴシック体 C	67	25	1
ゴシック体 D	57	4	0
計	453	193	8

表 3.6: 一位候補での共通誤認識文字数 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	共通誤字数
明朝体 E	124	55	3
ゴシック体 E	788	1201	323
ゴシック体 F	529	842	146
楷書体	1241	1406	570
丸ゴシック体	354	328	39
計	3036	3832	1081

表 3.7: 十位累積候補での共通誤認識文字数 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	共通誤字数
明朝体 A	0	0	0
明朝体 B	9	8	0
明朝体 C	3	2	0
明朝体 D	3	1	0
ゴシック体 A	2	0	0
ゴシック体 B	9	45	0
ゴシック体 C	13	9	0
ゴシック体 D	6	0	0
計	45	65	0

表 3.8: 十位累積候補での共通誤認識文字数 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	共通誤字数
明朝体 E	12	11	0
ゴシック体 E	515	909	170
ゴシック体 F	218	449	41
楷書体	425	578	102
丸ゴシック体	46	36	1
計	1216	1983	314

### 3.4 まとめ

本章では、文字認識における輪郭と細線の特性の調査として、まず初めに、仮名文字の認識率を検討した。その結果、輪郭抽出を行った方が仮名文字に対しては認識率が良いことが分かった。また、その原因が、フォントの違いが文字線分の先端部分のそれも片側、つまり、横の線分なら上側か下側に強く現れることによるものであることを考察で明らかにした。

次に、輪郭を使用した場合と細線を使用した場合で文字認識の特性が異なることを、実験により検証した。実験としては、それぞれの場合で誤認識した文字の個数と、両方で共通して誤認識した文字の個数の比較を行なった。その結果、共通誤認識文字数の割合は小さく、実際に二つの文字認識の特性が違っていることが確認された。

## 第4章

# 複合化処理を導入した文字認識手法

### 4.1 まえがき

前章の調査により、輪郭抽出を使った場合と細線化を使った場合において共通する誤認識文字は、それぞれの認識で誤った文字のごく一部であることが分かった。このことから、輪郭を用いた文字認識手法による結果と細線を用いた文字認識手法による結果を複合することで、二つの手法を個々に使って認識を行うよりも高精度な認識ができる可能性がある。そこで、本章では、輪郭を使用した文字認識手法と細線を使用した文字認識手法に両者の認識結果を複合する処理を加えた文字認識システムを構築し、その性能を実験を通して確認する。

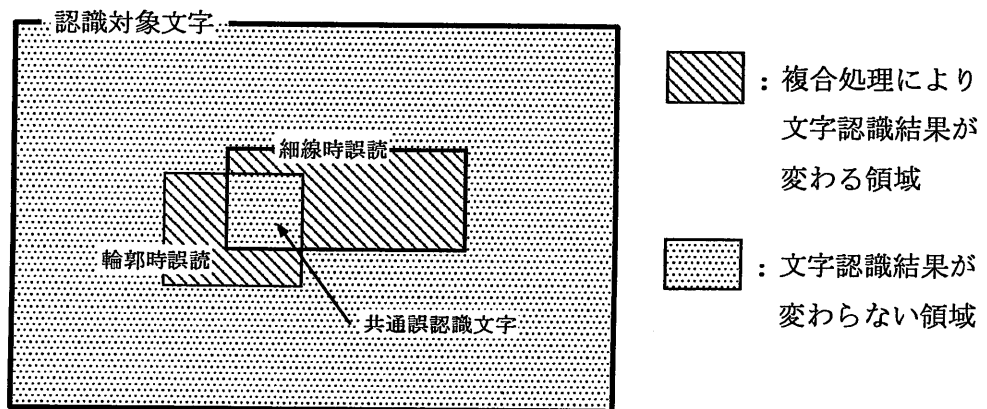


図 4.1: 複合化処理の効果

## 4.2 複合化方法

複数の文字認識手法の複合化方法を考えた場合、大きく分けて二種類の方法がある。一つは、各文字の認識結果に対して、複数の文字認識手法の内ですべての方法の結果を選択する方法である。各文字認識手法に対して各入力文字毎に認識結果の信頼性を示す評価値を与え、最も評価値が高かった手法の結果をその入力文字の結果とする。この方法の場合、文字認識手法の数だけ評価値を計算すれば、後はその大小で認識結果を選択するだけである。よって、出力候補数に制限されることなく評価値の与え方を決定できる。また、信頼性の評価方法によっては、ある程度複合化処理に要する計算時間を抑えることが可能である。しかし、評価をどのように取るかだけでなく、認識手法ごとに重み付けや異なる評価値の与え方などを行って、評価が一定になるようにする必要がある。

もう一つは、複数の文字認識手法を全て合わせて新たな認識結果を得るものである。一つの入力文字に関して、各文字認識手法で予め決められた数だけ候補文字が距離値を持って出力される。その出力間で共通する認識結果の文字の距離値の例えば和をとり、その値で改めて小さいものから順に並べ換えて最終的な認識結果とするわけである。この方法を用いると、距離値が小さいものから順に上位候補とするような文字認識手法であれば、容易に他の手法と組み合わせることができる。しかし、文字認識手法の出力候補数に制限があると、認識結果で存在したり存在しなかったりする文字が現れる。そういう文字に対しては、存在しなかった文字認識手法においては最下位候補の距離値を使うなどを行ったり、あるいは入力文字と全認識対象文字とで評価を行うといったことをする必要がある [13]。

本研究では、細線化処理の方法は異なるものの、基本的な文字認識手法は共通したものを使用している。このことから、認識結果の信頼性を示す評価値の与え方は、輪郭を用いた場合と細線を用いた場合で全く同じ計算式を使うことにほぼ問題はないと考えられる。そこで、複合化方法として、複数の文字認識手法の内ですべての方法の結果を選択する方法を採用することにした。また、認識結果の信頼性の評価方法であるが、輪郭線使用時の認識結果、細線使用時の認識結果それぞれから

$$\frac{\text{二位候補の距離値}}{\text{一位候補の距離値}}$$

の値の大きい方を信頼性が高いと考え、最終的な認識結果とする。上式で求められる値は、一位候補が正解である場合に大きく、そうでない場合には小さくなるという傾向があることが確認されており、実際に、複数の認識結果の複合 [16]、文字認

識結果の確信度 [17]、後処理への入力文字数の絞り込み [21] などに用いられている。今回用いる複合化処理を導入した文字認識システムの概略を図 4.2 に示す。

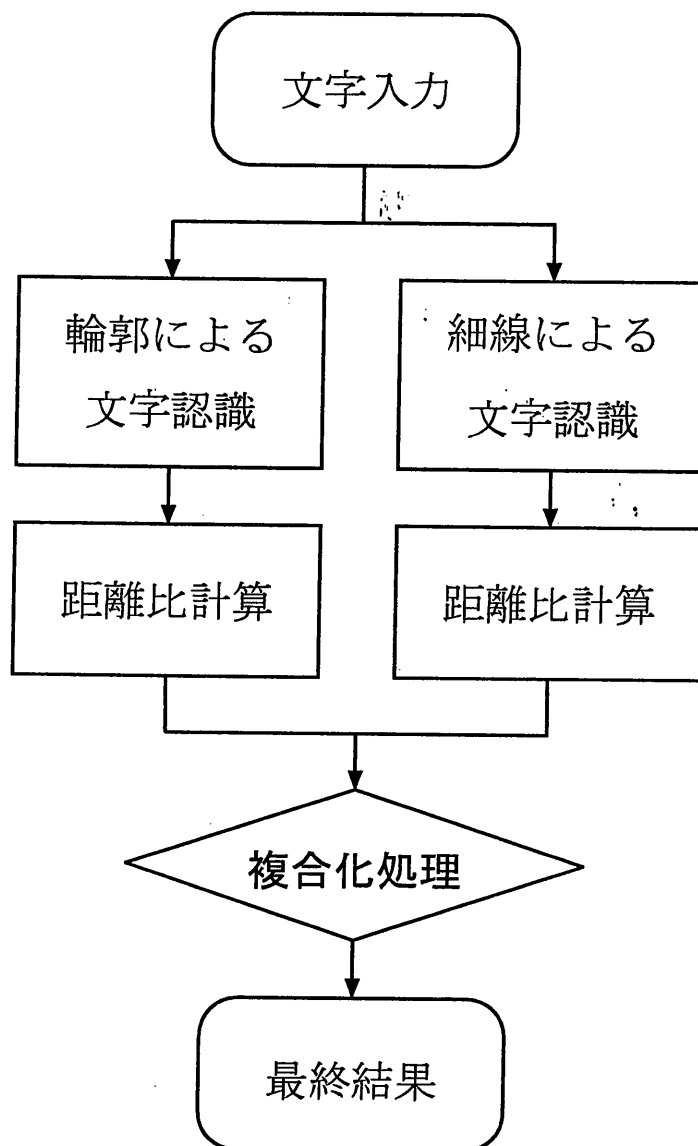


図 4.2: 複合化処理を導入した文字認識システム

### 4.3 信頼性評価の妥当性

複合化手法として一位候補と二位候補の距離比を求め、輪郭を使用した場合と細線を使用した場合で大きい方の認識結果を最終的な結果とすることにした。この手法は、全く異なる文字認識手法の複合化においても有用であった[16]ことは前述した通りである。更に、本研究の場合には基本的に認識手法は同じであるので、この信頼性評価により二者を比較することに問題はないと思われる。しかし、万全を期すため、ここで再度距離比と信頼性との相関が輪郭使用時と細線使用時で似たものとなることを実験によって確認しておく。

実験の方法として、一位候補の距離と二位候補の距離の比と、全誤認識文字数に対するその距離比以上の結果中に含まれる誤認識文字数の割合の関係を求めた。実験結果を図4.3から図4.15に示す。この結果から分かるように、細線を用いた場合の方が全体的に大きい距離比まで誤認識文字が存在し、また、同じ距離比においても誤認識文字が多く残る傾向がある。つまり、輪郭を使用した方が、認識結果に対する信頼性が高いと言える。しかし、両者の差はごく僅かであり、どちらも距離比が大きくなるにつれて急激な誤認識文字の存在比率が小さくなっている。

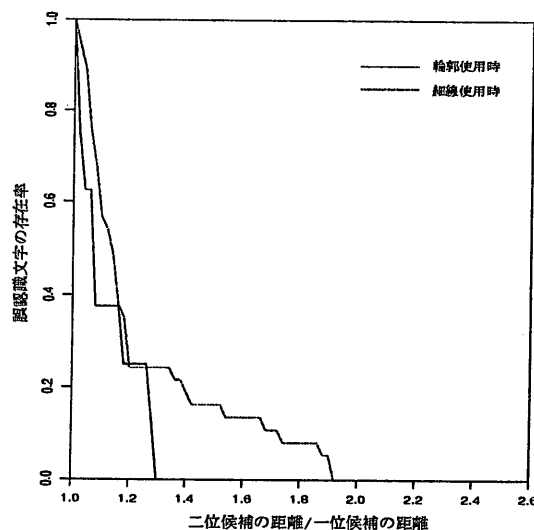


図 4.3: 距離比と誤認識文字存在率 (明朝体 A)

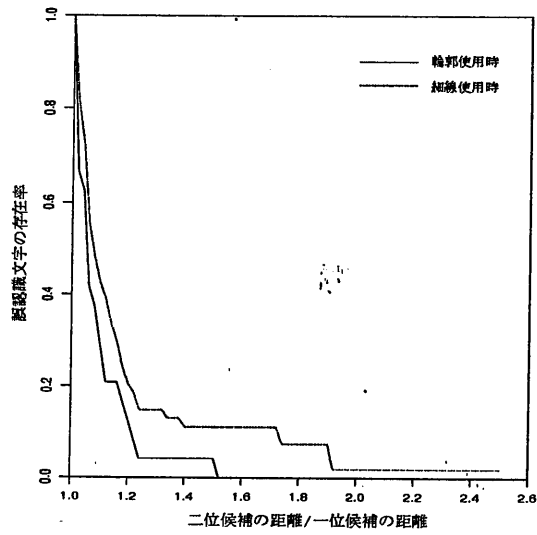


図 4.4: 距離比と誤認識文字存在率 (明朝体 B)

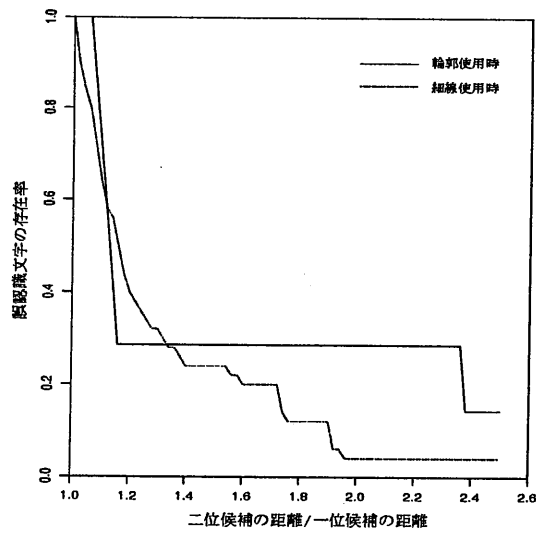


図 4.5: 距離比と誤認識文字存在率 (明朝体 C)



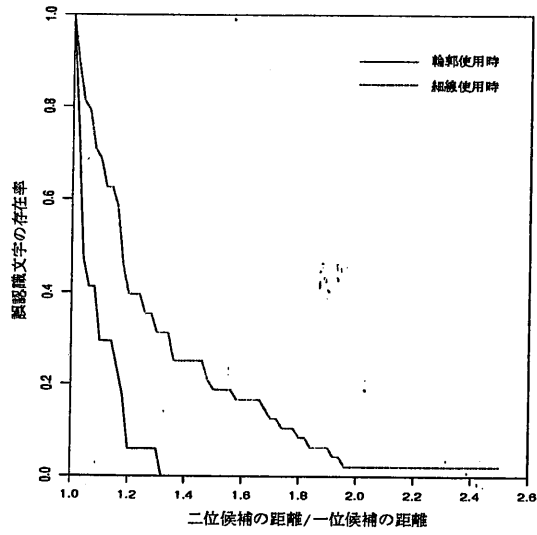


図 4.6: 距離比と誤認識文字存在率 (明朝体 D)

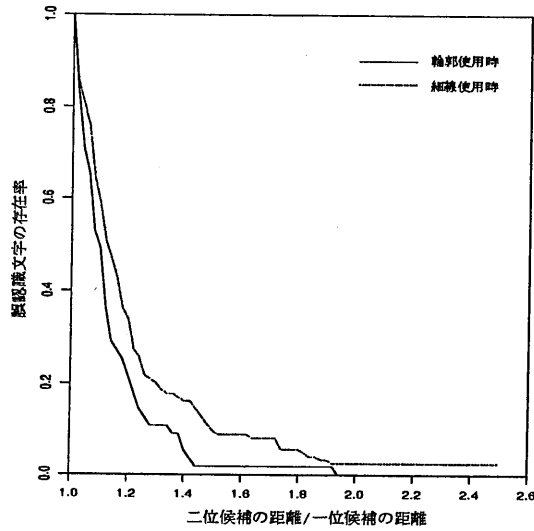


図 4.7: 距離比と誤認識文字存在率 (明朝体 E)

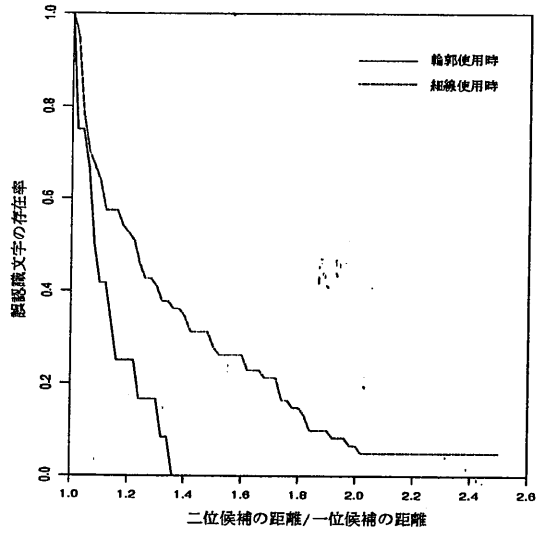


図 4.8: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 A)

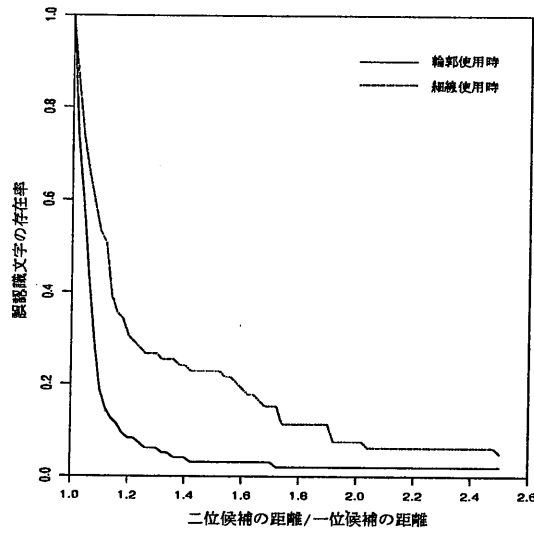


図 4.9: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 B)

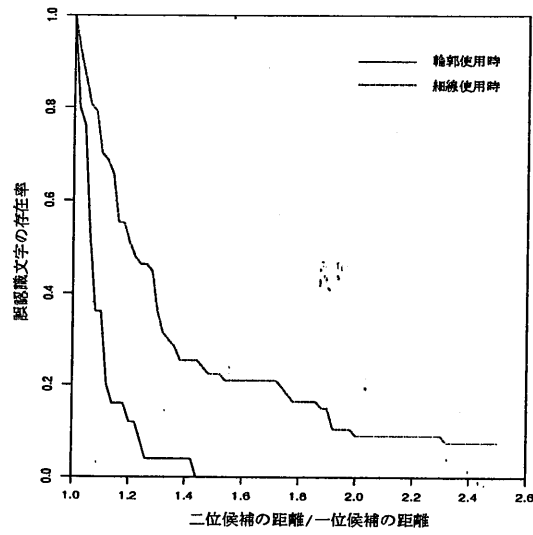


図 4.10: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 C)

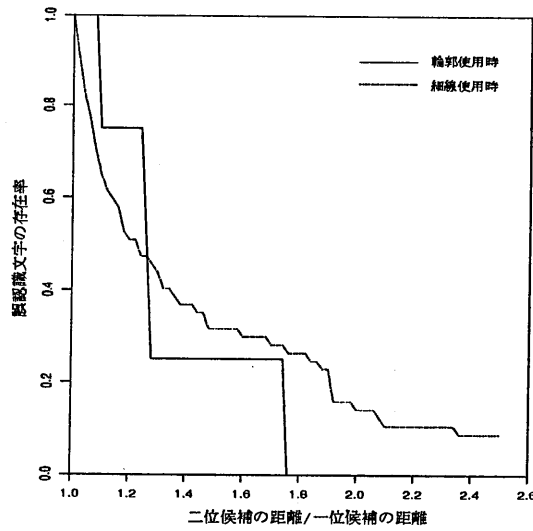


図 4.11: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 D)

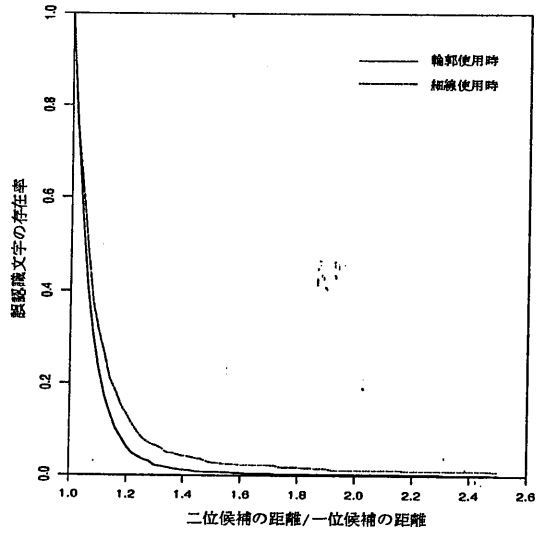


図 4.12: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 E)

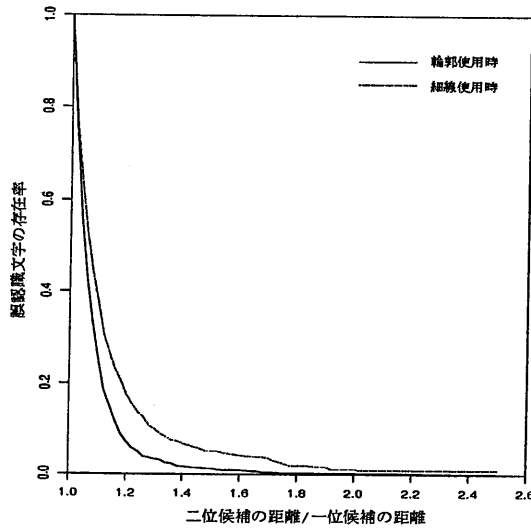


図 4.13: 距離比と誤認識文字存在率 (ゴシック体 F)

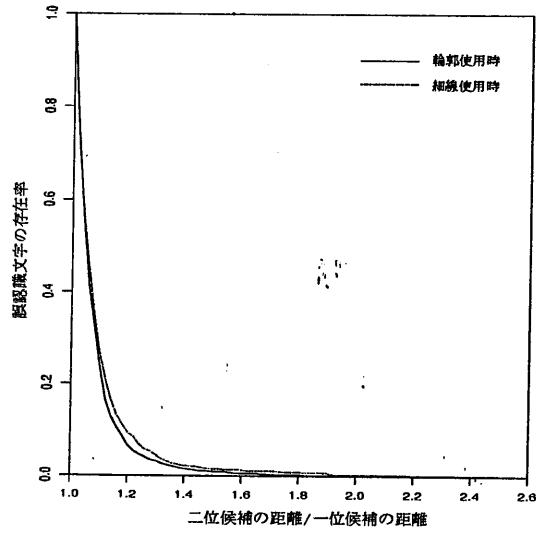


図 4.14: 距離比と誤認識文字存在率 (楷書体)

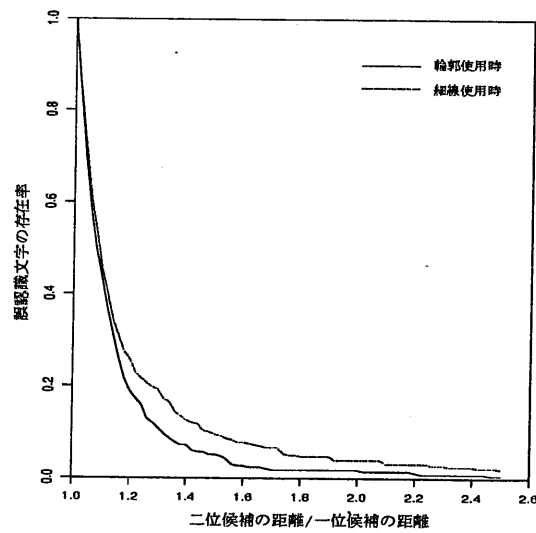


図 4.15: 距離比と誤認識文字存在率 (丸ゴシック体)

## 4.4 文字認識実験

複合化処理を導入した文字認識手法を用いて、実際に認識実験を行った。文字認識実験に使用したフォントは、これまでと同じものである。正規化後の各フォントの一部を付録に載せたので、興味のある方は参照していただきたい。実験結果を表4.1から表4.4、及び図4.16と図4.17に示す。なお、比較のため、輪郭抽出を使った場合の認識率と細線化を使った場合の認識率も同表に入れた。

実験結果を見ると、オープン実験において一位認識率で9.2%、十位累積認識率で3.3%認識率が向上している。このことから、輪郭を用いた場合と細線を用いた場合の文字認識手法を複合化することで、本研究の目的であった未知フォント及び潰れ文字に対する文字認識手法の高精度化が可能であることが確認された。また、この複合手法により、クローズ実験においても一位認識率で0.6%、十位累積認識率で0.1%認識率が向上した。

## 4.5 まとめ

本章では、輪郭使用時と細線使用時で同じ特徴量を用いた場合においても誤認識する文字が異なるという前章の結果を受け、輪郭を使用した文字認識手法と細線を使用した文字認識手法に両者の認識結果を複合する処理を加えた文字認識手法を提案した。複合化を行う際に用いる両文字認識手法による認識結果の信頼性の評価方法として、一位候補と二位候補の距離比を用いたが、その評価が信頼性を数値化する上で妥当なものであることを実験により確認した。また、提案した複合手法を用いて実際に文字認識実験を行い、未知フォントと潰れ文字への有効性を確認した。

表 4.1: 複合手法の一位認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	複合手法
明朝体 A	98.82%	99.74%	<b>99.97%</b>
明朝体 B	98.28%	99.23%	<b>99.97%</b>
明朝体 C	98.40%	99.78%	<b>99.84%</b>
明朝体 D	98.47%	99.46%	<b>99.84%</b>
ゴシック体 A	98.05%	99.62%	<b>99.84%</b>
ゴシック体 B	97.48%	96.94%	<b>99.65%</b>
ゴシック体 C	97.86%	99.20%	<b>99.78%</b>
ゴシック体 D	98.18%	<b>99.87%</b>	99.84%
計	98.19%	99.23%	<b>99.84%</b>

表 4.2: 複合手法の一位認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	複合手法
明朝体 E	96.04%	98.25%	<b>99.62%</b>
ゴシック体 E	74.86%	61.68%	<b>86.79%</b>
ゴシック体 F	83.12%	73.13%	<b>92.37%</b>
楷書体	60.40%	55.14%	<b>73.26%</b>
丸ゴシック体	88.70%	89.53%	<b>96.91%</b>
計	80.62%	75.55%	<b>89.79%</b>

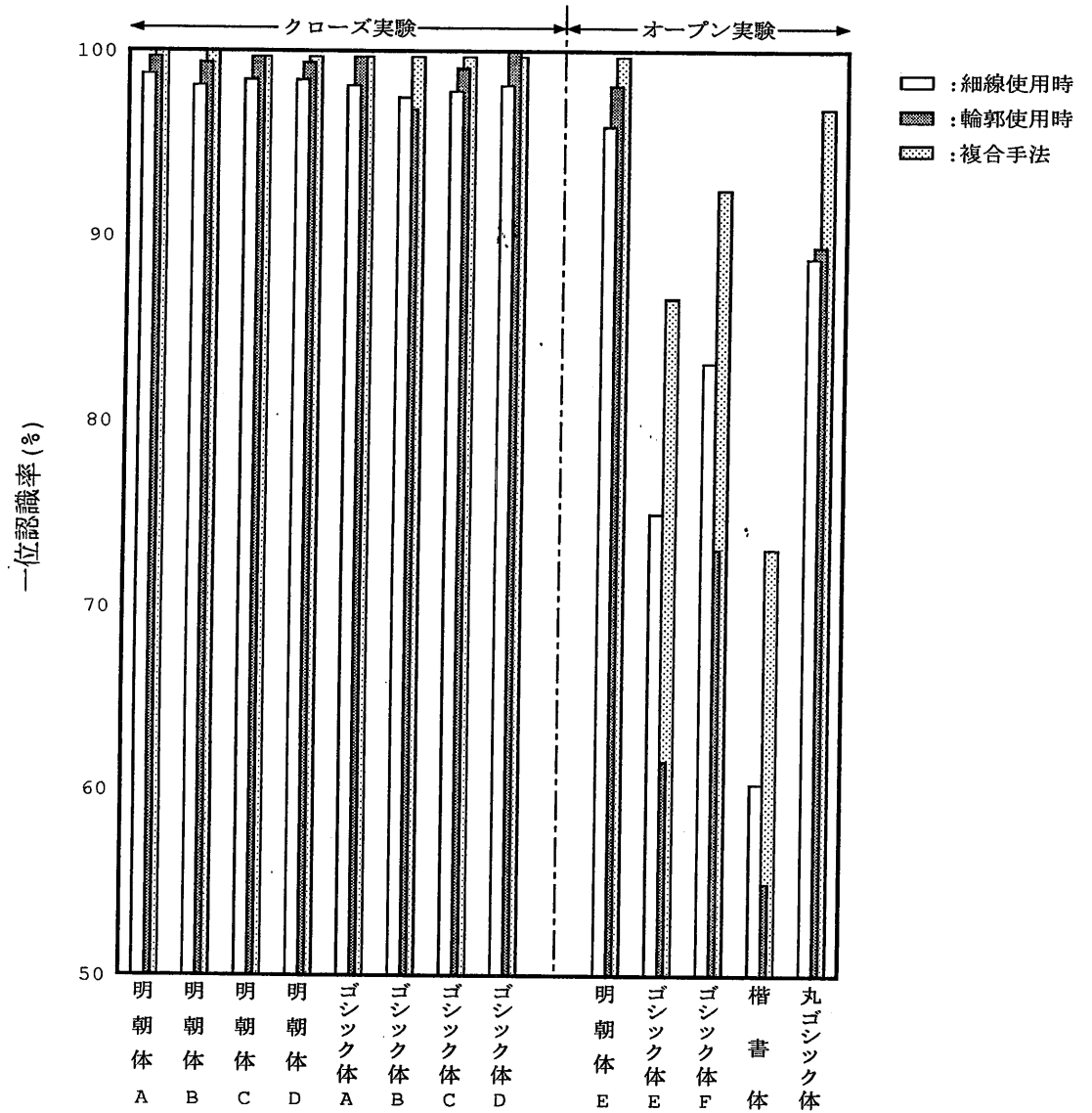


図 4.16: 複合手法の一位認識率



表 4.3: 複合手法の十位累積認識率 (クローズ実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	複合手法
明朝体 A	100%	100%	100%
明朝体 B	99.71%	99.74%	100%
明朝体 C	99.90%	99.94%	99.90%
明朝体 D	99.90%	99.97%	99.97%
ゴシック体 A	99.94%	100%	100%
ゴシック体 B	99.71%	98.56%	99.97%
ゴシック体 C	99.59%	99.71%	99.90%
ゴシック体 D	99.81%	100%	99.90%
計	99.82%	99.74%	99.96%

表 4.4: 複合手法の十位累積認識率 (オープン実験)

フォント	細線使用時	輪郭使用時	複合手法
明朝体 E	99.62%	99.65%	99.97%
ゴシック体 E	83.57%	71.00%	90.87%
ゴシック体 F	93.04%	85.67%	96.90%
楷書体	86.44%	81.56%	90.52%
丸ゴシック体	98.53%	98.85%	99.59%
計	92.24%	87.35%	95.57%

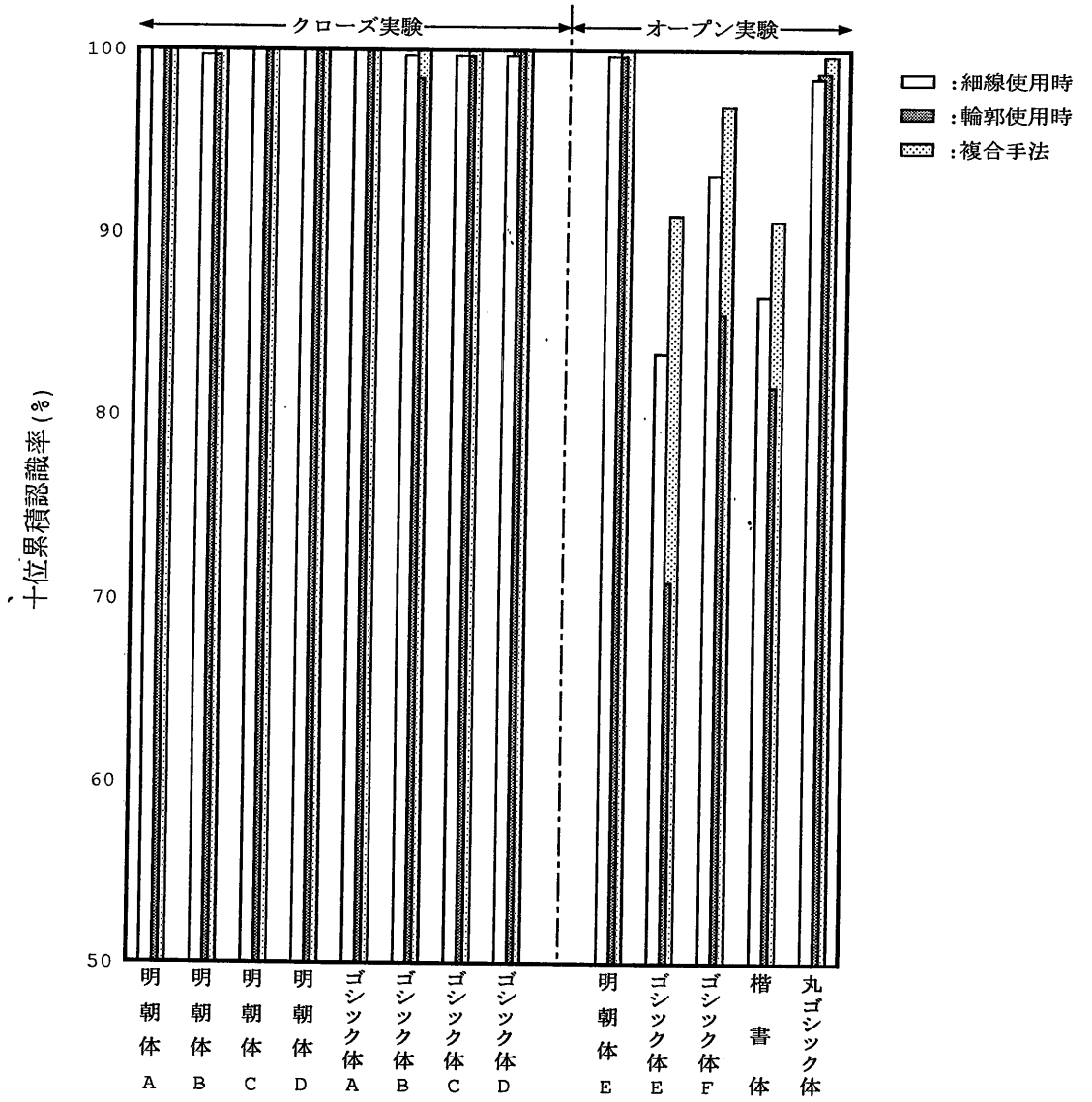


図 4.17: 複合手法の十位累積認識率

## 第5章

### 結論

#### 5.1 本研究の成果

本研究では、未知フォントに柔軟に対応でき、更に潰れ文字にも強い多フォント文字認識手法を考案することを目的とした。その研究の成果は以下の通りである。

- 第2章では、本研究で主として用いる方向線素特徴量による文字認識手法について説明を行った。この手法で認識への影響が大きい処理の一つである細線化処理には、一般に、輪郭抽出法と Hilditch の細線化法が用いられている。そこで、これら二つの細線化処理を使って認識実験を行ったところ、どちらの場合も未知フォントと潰れ文字に対しては惨憺たる結果しか得られなかった。また、従来から言われていた輪郭抽出の潰れ文字への有効性も、線幅の違いを吸収するような処理を輪郭抽出の前に入れてこそ発揮されることが分かった。
- 第3章では、方向線素特徴量による文字認識における二つの細線化処理の特性をより詳しく調査した。まず初めに、実際の文書において出現頻度が高く、認識が高精度に行われることが望まれる仮名文字の認識率を求めた。結果として、仮名文字の認識には輪郭抽出を用いた方が良いことが分かった。次に、輪郭を用いた場合と細線を用いた場合の文字認識結果から、両手法で共に誤った文字の個数を調べた。本調査により、両文字認識手法で異なる認識特性を備えていることを確認した。言い換えると、この結果は、輪郭による文字認識手法と細線による文字認識手法を複合化することで、文字認識手法の高精度化ができる可能性があることを示唆するものである。

- 第4章では、輪郭による文字認識手法と細線による文字認識手法に複合化処理を加えた文字認識手法を提案した。複合化処理では、一位候補と二位候補の距離の比を評価値として、二つの手法のうち一方を選択する方法をとったが、この評価値を用いるに当たり、その妥当性を実験により確認した。また、この実験で、輪郭を用いた文字認識手法の方が認識精度が高いことが分かった。最後に、この複合化処理を導入した文字認識手法の有効性を確認するため、実際に文字認識実験を行った。従来手法で認識結果の良い方と比較して、オープン実験において約9.2%、クローズ実験においても約0.6%認識率を向上させることができた。

## 5.2 今後の課題

複合化を行うことにより、多フォント文字認識を高精度化することができたが、実用化にはまだ十分であるとは言えない。潰れのはげしい文字を、Hilditchの細線化法を使った文字認識手法により認識した場合、「自信を持って」誤認識される可能性がある。つまり、一位候補と二位候補の距離比が大きい時でも、一位候補が全く見当違いの文字であることが考えられる。このような場合、今回の複合化の方法では正しい文字認識結果の選択は出来ないことになる。この問題を解決するためには、

1. 複合化処理を見直す(他の複合化方法の検討)
2. 潰れ文字の検出方法の考案
3. 文字の線幅を一定に近付ける処理の考案

といったことが必要となると思われる。ここに挙げた課題の2と3は、複合化を行わない文字認識手法においても、高精度化を目指す上で有効となるはずである。

## 謝 辞

本研究を進めるに当たり、全般的な御指導・御助言を戴くと共にこの研究の機会を与えて下さいました東北大学工学部 阿曾弘具教授に心より感謝致します。また、本研究をまとめるに際し、適切な御助言を戴きました東北大学工学部 阿部健一教授、白鳥則郎教授に深く感謝致します。

東北大学情報処理教育センター助手 大町真一郎氏、東北大学工学部助手 後藤英昭氏には、文字認識の研究全般に亘って御指導を戴くことに加えて計算機環境を整えて下さり、誠にありがとうございました。

日々の研究におきましては、東北大学大学院博士課程 黒岩丈介氏、森大毅氏に貴重な御意見を戴いたこと、並びに熱心に御討論して戴いたことに厚く御礼申し上げます。

最後に御討論・御協力を戴き、また日頃の生活において御世話になりました阿曾研究室の御先輩方、共に研究活動に励んだ同研究室の皆様に感謝致します。

## 参考文献

- [1] 飯島泰蔵：「パターン認識理論」，森北出版 (1989)
- [2] 森健一：「パターン認識」，電子情報通信学会編 (1988)
- [3] C.J.Hilditch：“Linear Skeleton from Square Cupboards”，In Machine Intelligence 6, B.Meltzer & D.Michie, Eds., Univ.Press,Edinburgh, pp.403-420 (1969)
- [4] 横井茂樹, 鳥脇純一郎, 福村晃夫：「標本化された二値図形のトポロジカルな性質について」，電子情報通信学会論文誌 (D), J56-D, 11, pp.662-669 (1973)
- [5] 岡田守, 小倉健司, 村上伸一：「水平・垂直線要素の分類を用いた線順次形細線化法」，電子情報通信学会論文誌 (D), J64-D, 5, pp.403-410 (1981)
- [6] 斉藤泰一, 山田博三, 山本和彦：「手書漢字の方向パターン・マッチング法による解析」，電子情報通信学会論文誌 (D), J65-D, 5, pp.550-557 (1982)
- [7] 鶴岡信治, 木村文隆, 吉村ミツ, 横井茂樹, 三宅康二：「デジタル図形の一細線化法と手書き文字認識システムへの応用」，電子情報通信学会論文誌 (D), J66-D, 5, pp.525-532 (1983)
- [8] 鈴木智, 阿部圭一：「距離変換の結果を利用した二値画像の逐次型細線化」，電子情報通信学会論文誌 (D), J68-D, 4, pp.473-480 (1985)
- [9] 江島俊朗, 中村洋介, 木村正行：「構造情報を含む手書き漢字認識のための特徴量」，電子情報通信学会論文誌 (D), J68-D, 4, pp.789-796 (1985)
- [10] 大恵俊一郎, 矢野多佳子：「モアレ画像処理用細線化手法」，電子情報通信学会論文誌 (D-II), J72-D-II, 9, pp.1415-1422 (1989)

- [11] 大和一晴, 宮脇富士夫, 畑豊, 賀先楓:「日本語印刷文書の読取りシステム」, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J75-D-II, 2, pp.257-266 (1992)
- [12] 若林佳織, 市川忠嗣, 安達文夫:「細線保存縮小変換法」, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J75-D-II, 8, pp.1364-1371 (1992)
- [13] 松井俊弘, 山下郁生, 若原徹, 吉室誠:「文字認識アルゴリズムの複合化手法の検討」, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU92-33, pp.65-72 (1992)
- [14] 土橋浩慶, 原田和郎, 石原好之, 戸高利之:「手書き文字のパターン認識に関する一手法」, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU92-45, pp.1-6 (1992)
- [15] 中尾一郎, 江村里志, 高倉穂, 竹之内磨理子:「文書中の文字画像に対する二値化閾値選択方式について」, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU98-81, pp.37-44 (1993)
- [16] 中山由美, 横塚志行:「文字認識結果の確信度に関する一検討」, 電子情報通信学会総合大会, D-541, pp.267 (1995)
- [17] 是角有二, 梅田三千雄:「複数の認識結果の複合による手書き漢字認識の高精度化」, 電子情報通信学会総合大会, D-549, pp.275 (1995)
- [18] 孫寧:「文字認識の高速化と高精度化に関する研究」, 東北大学大学院工学研究科情報工学専攻 博士学位論文 (1991)
- [19] 内山喜照:「構造情報に基づく手書き文字認識に関する研究」, 東北大学大学院工学研究科情報工学専攻 修士学位論文 (1991)
- [20] 池田啓明:「多フォント文書認識に関する基礎的研究」, 東北大学大学院工学研究科情報工学専攻 修士学位論文 (1993)
- [21] 秋山秀三:「言語情報を活用する知的文字認識に関する研究」, 東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻 修士学位論文 (1995)
- [22] 山田光影:「文字パターンに基づく文字の符号化に関する基礎的研究」, 東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻 修士学位論文 (1995)

## 研究業績

- 山中清, 阿曾弘具: 「細線化処理と輪郭線抽出の比較及び検討」  
1996年電子情報通信学会総合大会発表予定, D-500, (1996)



## 付録 A

### 使用フォントの画像

本研究の文字認識実験で使用した 13 種類の印刷文字データ

- 辞書作成用
  - ・ 明朝体 4 セット
  - ・ ゴシック体 4 セット
- オープン実験用
  - ・ 明朝体 1 セット
  - ・ ゴシック体 2 セット
  - ・ 楷書体 1 セット
  - ・ 丸ゴシック体 1 セット

の各セットの正規化後の文字画像の一部 (100 文字) を図 A.1 から図 A.13 に示す。図のフォント名は、本文中で使用していた名称に対応している。

轡	窪	熊	隈	桑	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	罍	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	猷	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.1: 使用データ (明朝体 A)

轡	窪	熊	隈	粿	栗	縑	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	郢	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	獻	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.2: 使用データ (明朝体 B)

轡	窪	熊	隈	叅	栗	繰	桑	鋤	勳
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	罨	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	壑	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	献	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.3: 使用データ (明朝体 C)

纏	窪	熊	隈	朶	栗	縹	桑	鋏	勳
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	袷	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	罍	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	壑	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	馱	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.4: 使用データ (明朝体 D)

轡	窪	熊	隈	桑	栗	繰	桑	鋏	勳
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	頤	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	罫	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詔	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	獻	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.5: 使用データ(明朝体 E)

轡	窪	熊	隈	桑	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	袂	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	経	継	繫	罫	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	権	牽	犬	献	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.6: 使用データ (ゴシック体 A)

轡	窪	熊	隈	桑	栗	緑	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
畦	稽	系	経	繼	繫	罍	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	俛	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	獻	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.7: 使用データ (ゴシック体 B)



轡	窪	熊	隈	桑	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
畦	稽	系	経	継	繫	罍	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	権	牽	犬	献	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.8: 使用データ (ゴシック体 C)

槽	窪	熊	隈	桑	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	經	繼	繫	罨	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	卷	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	獻	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.9: 使用データ (ゴシック体 D)

轡	窪	熊	隈	桑	栗	線	桑	鋤	勳
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	醜	揭	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	經	繼	繫	野	荖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	驚	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	陳	柎	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	獻	研	硯	緝	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.10: 使用データ (ゴシック体 E)

替	窪	熊	隈	乘	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薫	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
哇	稽	系	經	繼	繫	罨	莖	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	朽	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	囃	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	榷	牽	犬	獻	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.11: 使用データ (ゴシック体 F)

轡	窪	熊	隈	桑	栗	縹	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薰	訓	群	軍	郡	卦	袈	祁	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
惠	慶	慧	憇	揭	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
畦	稽	系	經	繼	繫	罍	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
檢	權	牽	犬	猷	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.12: 使用データ (楷書体)

繕	窪	熊	隈	彙	栗	繰	桑	鋏	勲
NO. 1000	NO. 1001	NO. 1002	NO. 1003	NO. 1004	NO. 1005	NO. 1006	NO. 1007	NO. 1008	NO. 1009
君	薫	訓	群	軍	郡	卦	袈	袷	係
NO. 1010	NO. 1011	NO. 1012	NO. 1013	NO. 1014	NO. 1015	NO. 1016	NO. 1017	NO. 1018	NO. 1019
傾	刑	兄	啓	圭	珪	型	契	形	徑
NO. 1020	NO. 1021	NO. 1022	NO. 1023	NO. 1024	NO. 1025	NO. 1026	NO. 1027	NO. 1028	NO. 1029
恵	慶	慧	憩	掲	携	敬	景	桂	溪
NO. 1030	NO. 1031	NO. 1032	NO. 1033	NO. 1034	NO. 1035	NO. 1036	NO. 1037	NO. 1038	NO. 1039
畦	稽	系	経	継	繫	卦	荃	荊	蚩
NO. 1040	NO. 1041	NO. 1042	NO. 1043	NO. 1044	NO. 1045	NO. 1046	NO. 1047	NO. 1048	NO. 1049
計	詣	警	輕	頸	鷄	芸	迎	鯨	劇
NO. 1050	NO. 1051	NO. 1052	NO. 1053	NO. 1054	NO. 1055	NO. 1056	NO. 1057	NO. 1058	NO. 1059
戟	擊	激	隙	桁	傑	欠	決	潔	穴
NO. 1060	NO. 1061	NO. 1062	NO. 1063	NO. 1064	NO. 1065	NO. 1066	NO. 1067	NO. 1068	NO. 1069
結	血	訣	月	件	儉	倦	健	兼	券
NO. 1070	NO. 1071	NO. 1072	NO. 1073	NO. 1074	NO. 1075	NO. 1076	NO. 1077	NO. 1078	NO. 1079
劍	喧	圈	堅	嫌	建	憲	懸	拳	捲
NO. 1080	NO. 1081	NO. 1082	NO. 1083	NO. 1084	NO. 1085	NO. 1086	NO. 1087	NO. 1088	NO. 1089
検	権	牽	犬	献	研	硯	絹	梟	肩
NO. 1090	NO. 1091	NO. 1092	NO. 1093	NO. 1094	NO. 1095	NO. 1096	NO. 1097	NO. 1098	NO. 1099

図 A.13: 使用データ (丸ゴシック体)

## 多フォント文字認識手法に関する基礎的研究

### 1. 序論

#### (a) 背景

文書入力自動化の一課題

→ 個別文字認識手法の高精度化

印刷文字認識の認識率低下の要因

- 類似文字  
(例：仮名文字の濁点・半濁点の有無)
- 多フォント文字  
(例：明朝体・ゴシック体・教科書体)
- 低品質文字  
(例：印刷時のかすれ・潰れ)

東北大学院工学研究科電気・通信工学専攻

山中 清

近年の計算機やワープロの高機能・高性能化

→ 更なるフォントの多様化



未知フォント文字への対応

複数のフォントが同一文書中に存在

→ 文書画像の二値化による潰れ文字の発生



潰れ文字への対応

## (b) 目的

未知フォント及び潰れ文字への頑健性を備えた

多フォント文字認識手法の考案

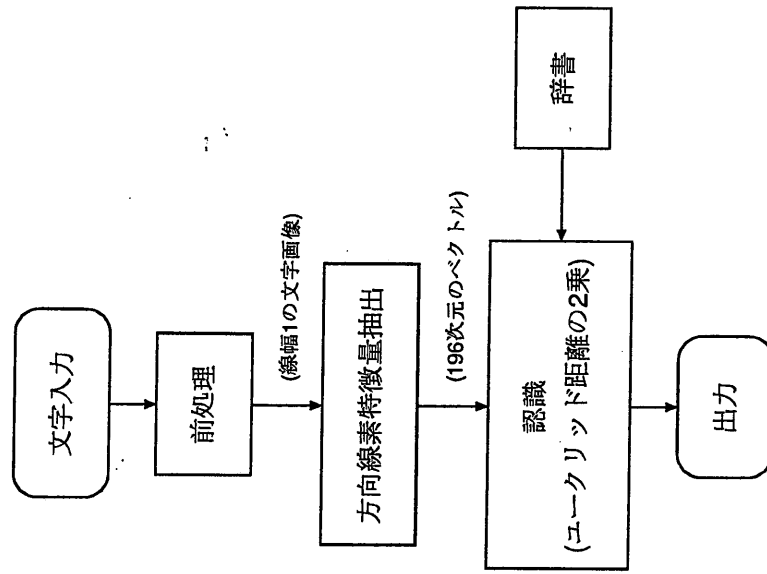
## (c) 構成

1. 序論
2. 方向線素特徴量を用いた文字認識手法
3. 文字認識における輪郭と細線の特性
4. 複合化処理を導入した文字認識手法の提案
5. 結論

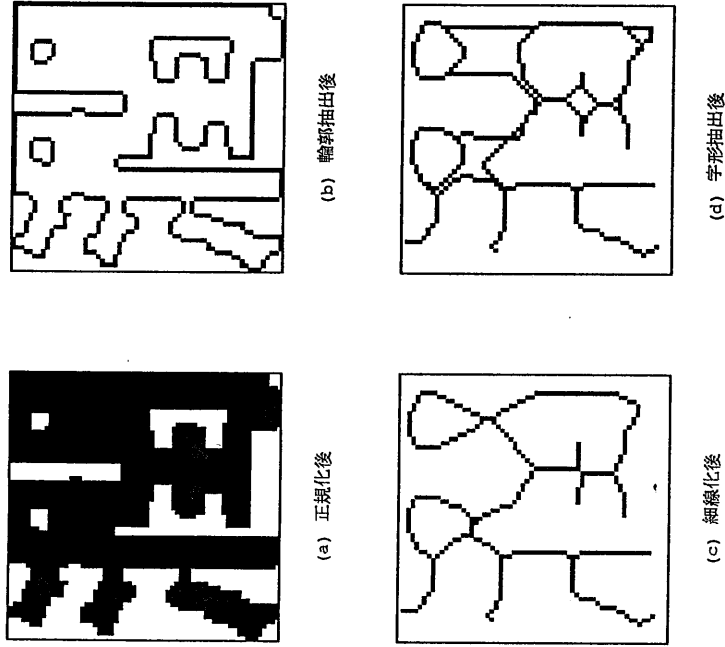


## 2. 方向線素特徴量を用いた文字認識手法

(a) 文字認識システムの構成



(b) 文字の線幅を1にする処理



(c) 性能調査実験

● 目的

方向線素特徴量による文字認識手法(従来法)において、

1. 未知フォントに対する認識能力
2. 潰れ文字に対する輪郭抽出法の有効性を調べる。

● 使用データ

辞書は、以下のデータの重心ベクトルを用いた。

- ・明朝体 4 セット
- ・ゴシック体 4 セット

オープン実験用として以下のデータを使用した。

- ・明朝体 1 セット
- ・ゴシック体 2 セット (潰れ文字)
- ・楷書体 1 セット (未知フォント)
- ・丸ゴシック体 1 セット (未知フォント)

1 セット: 仮名文字と JIS 第一水準漢字の 3134 文字

●各フォントの文字画像



明朝体E



ゴシック体E



ゴシック体F



楷書体



丸ゴシック体

●実験結果

i. オープン実験結果

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	96.04%	98.25%
ゴシック体 E	74.86%	61.68%
ゴシック体 F	83.12%	73.13%
楷書体	60.40%	55.14%
丸ゴシック体	88.70%	89.53%
計	80.62%	75.55%

ii. クローズ実験結果

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	98.82%	99.74%
明朝体 B	98.28%	99.23%
明朝体 C	98.40%	99.78%
明朝体 D	98.47%	99.46%
ゴシック体 A	98.05%	99.62%
ゴシック体 B	97.48%	96.94%
ゴシック体 C	97.86%	99.20%
ゴシック体 D	98.18%	99.87%
計	98.19%	99.23%

今回の実験では、

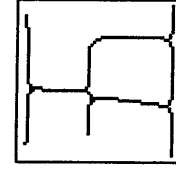
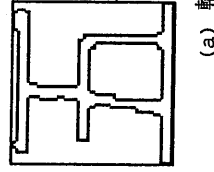
1. 従来法は、未知フォント及び潰れ文字に非常に弱い
2. 潰れ文字に対する輪郭抽出の有効性が見られないという結果が得られた。

2の原因：

- ・ 輪郭抽出後の画像に線幅の違いが直接現れる
- ・ 潰れ文字の線幅は潰れない文字よりも太い



輪郭抽出の前に線幅を一定に近づける処理が有効



(a) 輪郭使用時

(b) 細線使用時

### 3. 文字認識における輪郭と細線の特性

(a) 輪郭と細線の特性を調べることの意義

輪郭抽出と細線化の処理は

1. 方向線素抽出のために必要
2. 一般に広く用いられている
3. 得られる画像が極端に異なる  
(認識の特性に違いが出やすい?)

↓

文字認識手法の高精度化の上で、それぞれの認識結果の詳細な調査は重要

(b) 仮名文字の認識率

実文書では、仮名文字は漢字よりも出現頻度が高い

↓

仮名文字の認識が高精度に行われる必要がある

i. クローズ実験結果

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 A	81.66%	98.22%
明朝体 B	85.80%	97.63%
明朝体 C	82.84%	98.82%
明朝体 D	84.02%	98.82%
ゴシック体 A	81.66%	94.67%
ゴシック体 B	86.98%	96.44%
ゴシック体 C	80.47%	98.82%
ゴシック体 D	82.25%	98.22%
計	84.02%	97.71%

ii. オープン実験結果

フォント	細線使用時	輪郭使用時
明朝体 E	75.74%	<b>94.08%</b>
ゴシック体 E	72.78%	<b>95.27%</b>
ゴシック体 F	67.46%	<b>89.94%</b>
楷書体	77.51%	<b>86.39%</b>
丸ゴシック体	<b>72.78%</b>	68.64%
計	73.25%	<b>86.86%</b>

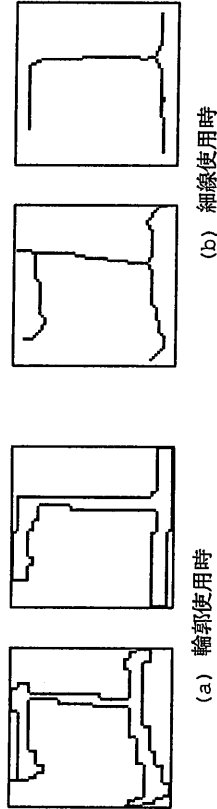
仮名文字の認識率は輪郭抽出の方が優れていた

原因：

- ・ フォントの違いは文字線分の先端に強く現れる
- ・ 先端部分の違いは線分の片側にあることが多い



輪郭と細線の違いは線素の個数が2倍で得られるだけではない



(c) 共通する誤認識文字の個数

輪郭使用時と細線使用時での認識特性の違いを明らかにする

↓

各文字認識結果から共に誤った文字の個数を調べる

i. クローズ実験結果

フロント	細線時	輪郭時	共通誤字数
明朝体 A	37	8	0
明朝体 B	54	24	0
明朝体 C	50	7	1
明朝体 D	48	17	0
ゴシック体 A	61	12	3
ゴシック体 B	79	96	3
ゴシック体 C	67	25	1
ゴシック体 D	57	4	0
計	453	193	8

ii. オープン実験結果

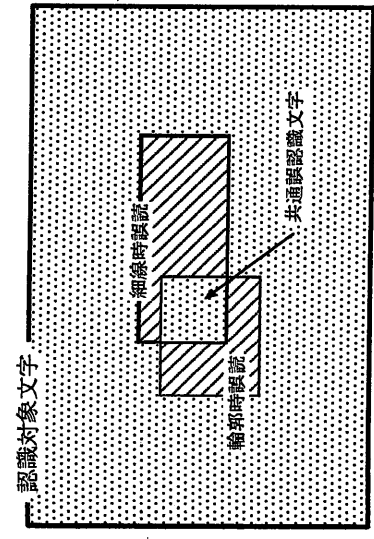
フロント	細線時	輪郭時	共通誤字数
明朝体 E	124	55	3
ゴシック体 E	788	1201	323
ゴシック体 F	529	842	146
楷書体	1241	1406	570
丸ゴシック体	354	328	39
計	3036	3832	1081



共通する誤認識文字の個数は、各々の誤認識文字の  
 半数にも満たなかった

→ 異なる文字認識の特性を備えている



複合化処理により文字認識の高精度化が図れるので  
 はないか？

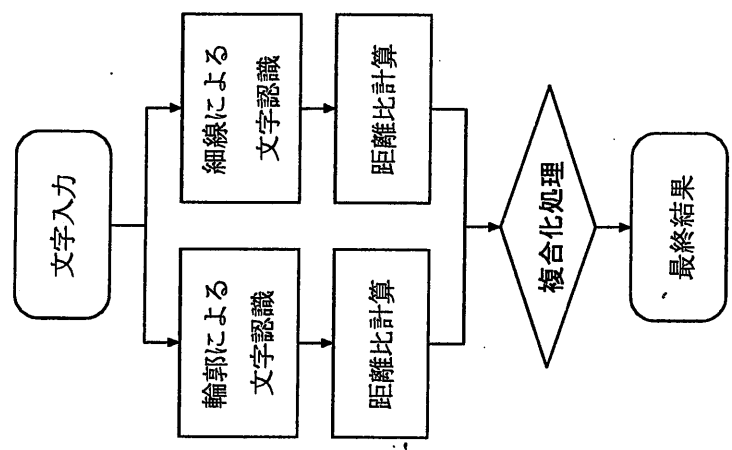


 : 複合処理により  
 文字認識結果が  
 変わる領域  
  
 : 文字認識結果が  
 変わらない領域

#### 4. 複合化処理を導入した文字認識手法の提案

##### (a) 提案手法

複合化処理を導入した文字認識手法の概略は下図の  
 ようになる。





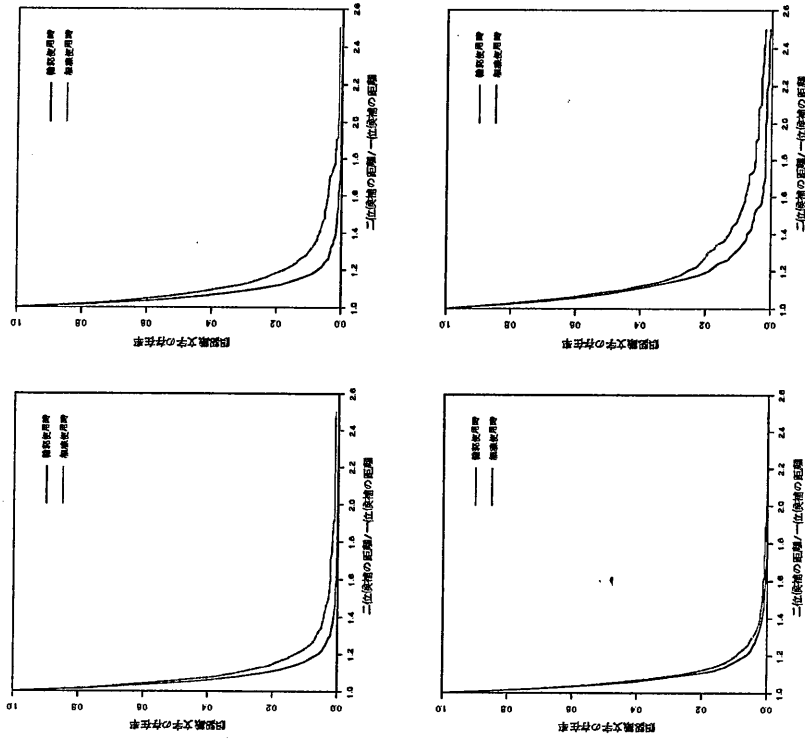
### (b) 複合化手法

輪郭を用いた場合の認識結果と細線を用いた場合の認識結果で

二位候補の距離値  
一位候補の距離値

の値が大きい方を最終的な認識結果とする。  
上式で求められる値は一部の後処理で一位候補の信頼性を示す評価値として使用されている。  
ただし、今回は異なる認識結果の比較に用いるため、改めて予備実験を行なった。

### (c) 予備実験結果



(e) 本章のまとめ

- 複合化処理を導入した多フォント文字認識手法を提案した
- 提案手法によりオープン実験とクローズ実験共に認識率の改善が見られた

5. 結論

(a) まとめ

- 輪郭を用いる際には、線幅の違いを吸収する処理が有効であることが分かった
- 輪郭使用時と細線使用時の文字認識手法では特性が異なることが分かった
- 複合化処理を用いた多フォント文字認識手法を提案した
- 複合化処理により未知フォント及び潰れ文字の認識が高精度化されることを実験により確認した

(b) 今後の課題

- より有効な複合化処理を考え、多フォント文字認識手法を更に高精度化する