

自動車製造の組立て・検査工程における  
文字認識に関する研究

中野倫明

名古屋大学図書
和 1066166

# 目 次

第1章 序 論 .....	1
1.1 まえがき .....	1
1.2 文字認識の方法 .....	2
1.3 製造業における文字認識 .....	5
1.4 自動車製造業における文字認識の課題 .....	8
1.5 本研究の目的 .....	8
1.6 本論文の構成 .....	10
1.7 むすび .....	11
<文 献> .....	12
第2章 刻印文字認識のための前処理 .....	16
2.1 まえがき .....	16
2.2 2値化の方法 .....	17
2.2.1 しきい値特性に基づく最適2値化の原理 .....	17
2.2.2 最適2値化法を用いた文字認識の基本的な流れ .....	20
2.2.3 しきい値特性の自動作成 .....	23
2.3 自動車機械部品番号認識装置 .....	28
2.3.1 装置構成 .....	28
2.3.2 認識処理の流れ .....	32
2.4 認識率改善に関する実験 .....	32
2.4.1 実験方法 .....	32
2.4.2 実験結果 .....	36
2.5 むすび .....	36
<文 献> .....	41
第3章 刻印文字認識のための文字切出し .....	43
3.1 まえがき .....	43
3.2 文字切出しの方法 .....	45
3.2.1 濃淡画像における特徴量を用いた文字切出しの原理 .....	45
3.2.2 文字切出しおよび2値化の基本的な流れ .....	52
3.3 自動車車台番号認識装置 .....	52
3.3.1 装置構成 .....	52
3.3.2 認識処理の流れ .....	54
3.4 文字切出し率改善に関する実験 .....	54
3.4.1 実験方法 .....	54
3.4.2 実験結果 .....	59
3.5 むすび .....	64
<文 献> .....	65

第4章 鋼板上の刻印文字の認識	67
4.1 まえがき	67
4.2 鋼板上の刻印文字の識別方法	68
4.2.1 文字の骨格線を用いた文字識別の原理	69
4.2.2 鋼板上の刻印文字認識の基本的な流れ	74
4.2.3 文字の骨格線を特徴とした標準パターンの自動作成	77
4.3 自動車車体パネルの刻印文字認識装置	79
4.3.1 装置構成	79
4.3.2 認識処理の流れ	79
4.4 打刻による文字線幅の変動への耐性評価に関する実験	84
4.4.1 実験方法	84
4.4.2 実験結果	85
4.5 むすび	90
<文献>	92
第5章 塗装鋼板上の刻印文字の認識	94
5.1 まえがき	94
5.2 塗装された刻印文字の識別方法	95
5.2.1 文字の外郭形状を用いた文字識別の原理	95
5.2.2 塗装された刻印文字認識の基本的な流れ	97
5.2.3 文字の外郭形状を特徴とした標準パターンの自動作成	104
5.3 塗装フレームの刻印文字認識装置	105
5.3.1 装置構成	105
5.3.2 認識処理の流れ	108
5.4 塗装による文字の輪郭形状の変動への耐性評価に関する実験	108
5.4.1 実験方法	108
5.4.2 実験結果	112
5.5 むすび	115
<文献>	118
第6章 スクリーン印刷文字の認識	120
6.1 まえがき	120
6.2 スクリーン印刷文字の識別方法	121
6.2.1 定点サンプリング法を改良した文字識別の原理	121
6.2.2 スクリーン印刷文字認識の基本的な流れ	125
6.2.3 定点の選択を特徴とした標準パターンの自動作成	125
6.3 金属プレートのスクリーン印刷文字認識装置	128
6.3.1 装置構成	128
6.3.2 認識処理の流れ	130

6.4	スクリーン印刷による文字変動への耐性評価に関する実験	130
6.4.1	実験方法	130
6.4.2	実験結果	134
6.5	むすび	137
	<文献>	139
第7章	レーザーマーキング文字の認識	140
7.1	まえがき	140
7.2	レーザーマーキング文字の識別方法	142
7.2.1	重み付けマッチング法を改良した文字識別の原理	142
7.2.2	レーザーマーキング文字認識の基本的な流れ	145
7.2.3	重み付けを特徴とした標準パターンの自動作成	147
7.3	円筒形状部品のレーザーマーキング文字認識装置	152
7.3.1	装置構成	152
7.3.2	認識処理の流れ	153
7.4	類似文字識別の性能に関する実験	153
7.4.1	実験方法	153
7.4.2	実験結果	158
7.5	むすび	160
	<文献>	165
第8章	総括	166
	<謝辞>	171
	<本研究に関する発表論文>	172

# 第 1 章 序 論

## 1.1 ま え が き

文字は人間社会における情報伝達的手段として発明されたもので、その用途はさまざまである。例えば、文書では意志の伝達のために使用され、工業製品では対象を区別するためなどに用いられている。情報化や自動化が進み印刷物や工業製品などが大量に取り扱われるようになるにつれて、文字を読み取る人間の能力を機械によって実現したいという要求が強くなってきた。機械による文字の読取りを通常文字認識と呼ぶ。

近年、文字認識技術の進歩はめざましく、紙に印刷された文字については漢字のように多くの種類をもつ文字まで高速に信頼性よく認識できるようになってきた<sup>(14)~(29)</sup>。しかし、文字は紙面ばかりでなく金属などのさまざまな材料の上に印字される場合も多い。製造業における製品番号などの文字はその一つである。

製造業では、検査・仕分けの際に対象を正確に区別するため、組立てや試験での作業指示を行うため、あるいは完成した製品の管理のために、部品や製品に多種多様の文字が印字されている。これまで製造業における文字の読取りの多くは人間により行われてきたが、ここ数年のFAの普及に伴って文字認識の要望が強くなってきた。しかし、製造業における文字認識は文書を対象とした文字認識に比べて断片的にしか行われておらず、実用化された例も少ない<sup>(30)~(32)</sup>。そこで、自動車産業を代表とする製造業における文字を分類し、それぞれの文字の特徴に適した文字認識の方法について研究を行った。

本章では、まず1.2で文字認識の一般的な方法について述べる。続いて1.3では製造業における文字認識の必要性および従来の研究について述べ、1.4で自動車製造業における文字認識の課題を示す。1.5では1.4の課題を踏まえた本研究の目的について述べる。1.6では本論文の構成を説明し、1.7で本章をまとめる。

## 1.2 文字認識の方法

文字認識は通常、観測・前処理・特徴抽出・識別の4過程によって行われる<sup>(1)</sup>。観測過程では、認識する文字をなんらかの手段で電気信号に変換し、前処理過程では、得られた電気信号に含まれる雑音や歪成分あるいは冗長な成分を除去する。特徴抽出過程では、前処理を経た信号から文字固有の特徴を抽出し、識別過程では、得られた特徴をもとにして文字を判定する。これらの処理の流れを図1.1に示す。

図1.1に示した流れを具体的に説明すると、まずTVカメラなどによって文字を観測し濃淡の程度（濃度と呼ぶ）を表す映像信号を得たのち、その映像信号を離散値で近似して計算機のメモリに記憶する。この結果得られたものがデジタル画像（以下、単に画像と呼ぶ）で、離散的な座標点（画素と呼ぶ）に対応する離散的な濃度値の集合である。前処理では、この画像から雑音や歪を除いたあと、通常濃度値を二つの値に分類する処理（2値化<sup>(33)~(39)</sup>と呼ぶ）を行う。2値化した画像（2値画像という）は、文字部に相当する値と背景部に相当する値から成る。2値画像において文字部に相当する画素が隣接するか否かを調べることによって、画像全体から個々の文字を含む小領域をそれぞれ抽出する。これを文字切出し<sup>(40)~(44)</sup>という。次に特徴抽出過程では、個々の文字の画像について識別に有効な特徴を画像処理によって検出し、識別過程でその特徴により文字の名称を決定する。

文字は印字形態で大別すると活字と手書きとに分けられる<sup>(2)</sup>。活字は印刷文字のように文字の大きさや形があらかじめ決められた文字であり、手書き文字は人間によって書かれ大きさや形が不定の文字である。文字認識は活字より手書き文字の方が難しく、同じ活字でも字種（例えばアルファベットは26字種）や字体（明朝体やゴシック体などの形状の違い）が増えるにつれて認識は難しくなる。

これまでの文字認識の研究は、字種や字体の少ない活字認識から始まり、字種や字体の増加ならびに活字認識から手書き文字認識へと進んできた。文字認識の主な歴史を図1.2に示す<sup>(3)</sup>。文字認識に関する研究開発および実用化が進んでいるのは図1.2に示すように日本と米国である。特に日本では、1970年代後半で印刷英数字、手書き数字、仮名の認識技術をほぼ完成し、1970年代末からはもう一段難しい

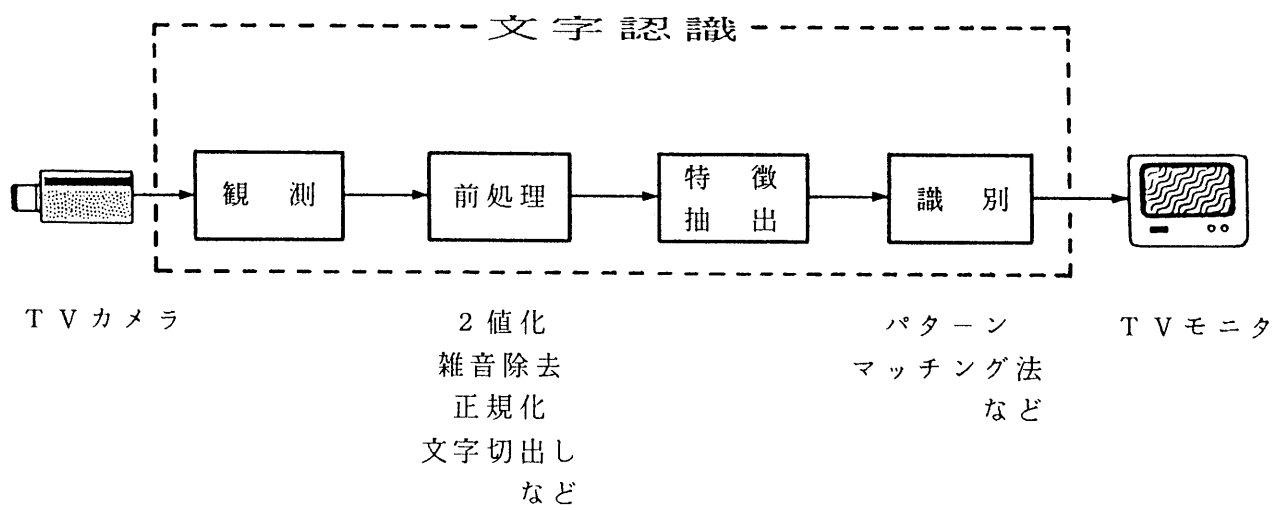


図 1.1 文字認識の基本的な流れ

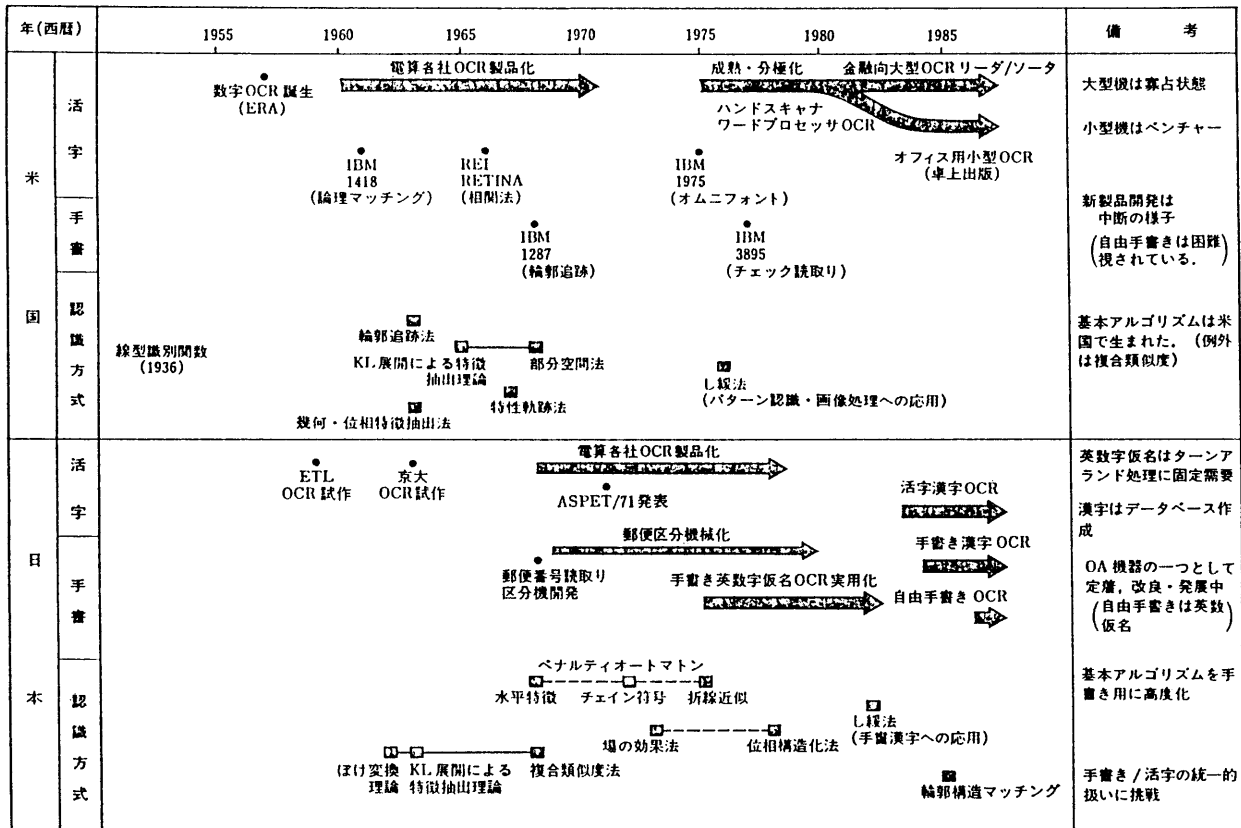


図 1.2 文字認識の歴史<sup>(3)</sup>



印刷漢字認識の実用化ならびに手書き漢字認識の基礎研究が活発になってきた。これらはいずれも紙面上の文字を対象とした研究である。昨今、紙面上の文字を対象とした光学式文字読取装置（Optical Character Reader, 略してOCR<sup>(45)~(49)</sup>）では、筆記の制限を緩和した手書き文字認識などレベルの高い技術も次々に開発される趨勢にある。

一方、近年まで文字認識研究の中心は文書用の文字であったが、ここ数年前からは製造業における文字認識の研究も盛んになってきた。製造業で用いられる文字を文書用の文字と区別して工業用文字と呼ぶことが多い<sup>(4)</sup>。工業用文字が文書用の文字と大きく異なる点は、印字される材料が紙を含め金属やプラスチックなど多種多様であるため、観測によって得られる画像が文書用の文字の画像に比べて良好でないことである。文書用の文字では簡単な観測方法や前処理によって良好な画像が得られることが多く、観測や前処理に比べて特徴抽出や識別の方法に研究の重点が置かれてきた。しかし、工業用文字では観測や前処理の改善によって良好な画像を得る技術がまず必要であり、更に特徴抽出や識別の改良も重要となる。

### 1.3 製造業における文字認識

工業用文字は、製造業におけるFAの普及に伴ってさまざまな工業製品あるいは部品に多く用いられてきた。しかし、製品や部品の検査や仕分けなどでは現在でも人間の“目”に頼っている工程が多い。多品種少量生産の傾向に対してますます検査の高速化が必要であるにもかかわらず、検査員の人員不足のために製造ラインの拡張を抑えざるを得ない状況も見られる。また人間による検査では、疲労などによる誤った認識や個人差による検査のばらつきも多いため信頼性が低い。従って、検査や仕分けなどの工程を自動化したいという要望は極めて高い。また、作業指示や製品管理の情報を担う工業用文字を積極的に活用することによって更に生産性を向上させたいという要求も強い。そこで、工業用文字の認識は不可欠になってきた。

工業用文字は印刷文字と刻印文字とに分けられる。印刷文字は、材料の表面にインクや塗料を塗ったり、酸化など材料の材質を変化させる処理によって材料表面に

材料の色とは異なった色を付着させた文字である。刻印文字は、文字の色を材料の色と変えて印字するのではなく、材料表面の文字部分をくぼませて溝状にすることによって印字する文字である。刻印文字は文字部も背景部も同一材質であるため外部から与える照明によってしか文字部を浮かび上がらせることができず、その認識は印刷文字に比べて難しい。

工業用文字認識では手書き文字を認識する必要はあまりなく、多くの場合は活字の英数字および記号が対象となる。英数字は36種類のすべてが対象となり、記号は、ハイフン（-）やアスタリスク（\*）などのキーボードで使用されるもののほかに、用途に応じて特殊なマークが用いられる場合もある。字体については、一般のOCRで対象とするもののほかに、デザインを重視したものなどさまざまな字体がある。従って、文書用の文字に比べて字種は少ないが、字体は多い。また、印字される材料は、紙だけでなく金属、プラスチック、ゴム、木など多種多様であり、印字面が平坦でない場合も多い。そのため、観測によって得られる画像は一般に局所的な雑音や歪みが多く、文字部と背景部とのコントラストは低い。また刻印文字では、印刷文字に比べて更に不鮮明な画像になりやすい。これらは文書用の文字認識には無い難しさである。

一方、認識時間の要求は、一般に文書用の文字認識に比べてそれほど厳しくはない。文書用の活字認識の多くが数十～数百文字／秒であるのに対して、工業用文字認識では、数文字～十数文字／秒の処理時間で十分な場合が多い。しかし、文書用の文字認識に比べて信頼性の要求は強く、誤読は許されないため、再認識などによって確実な答を出す必要がある。

従来の文字認識の方法は、大別すると重ね合わせ法と構造解析法とに分類される<sup>(3)</sup>。重ね合わせ法はパターンマッチング法とも呼ばれ、観測および前処理により得られた個々の文字の画像（これを入力パターンという）をあらかじめ用意した参照のための文字の画像（これを標準パターンという）と比較し、両者の重なり具合などによって類似性を判定し文字を識別する方法である。主として活字向きの方法であり、局所的な雑音や歪および文字の部分的な変形には強いが、文字の全体的な変動（例えば文字の大きさや形状の変形など）には弱い。一方、構造解析法は入力

パターンからさまざまな特徴を抽出し、特徴の配置、つながり、および組み合わせなどにより文字を判定する方法である。主に手書き文字用の方法で、文字の全体的な変動には強いが、局所的な雑音や歪および部分的な変形には弱いという短所がある。

工業用文字は活字で、その入力パターンには雑音や歪が重畳し易く文字の部分的な変形が多いため、そのような変動があっても安定に認識できる重ね合わせ法が用いられている。これまでの工業用文字認識では、重ね合わせ法を基本としてこの方法の短所を補う方法がいくつか報告されてきた<sup>(5)~(10)</sup>。

本郷らの提案したビットマトリックス法<sup>(5)・(6)</sup>は、文字の全体的な変動に強くするために標準パターンの各画素の重みを変える方法で、重み付けマッチング法<sup>(11)</sup>を改良した方法である。この方法では、文字パターンのなかで安定な領域と変動しやすい領域とをあらかじめ調べておき標準パターンを作成する。しかし、この方法は比較的変形が少ない印刷文字を主な対象としており、刻印文字への適用は難しい。また、類似した字種が多い文字の認識には限度がある。肥塚らは、類似した字種が多い文字を正確に認識するために、特別な標準パターンを用いる方法を提案した<sup>(7)・(8)</sup>。しかし、この方法も主に印刷文字を意図した方法であり、刻印文字までを対象としていない。中村らは、複合類似度法<sup>(12)・(13)</sup>を用いて印刷文字および刻印文字を含む幅広い工業用文字の認識を行った<sup>(9)・(10)</sup>。しかし、この方法では文字の変形に合わせて逐次標準パターンを増やす必要があり、標準パターンが多数になるため実用的でない場合も生じる。

上述した従来の工業用文字認識の特徴は、観測方法を改良して鮮明な画像が得られるようにし、比較的簡単な前処理を行ったのち、特徴抽出や識別を改善して実用化している点である。観測と前処理とを比較すると、観測に重点が置かれている場合が多い。例えば、電子産業に代表されるような小規模な部品の文字認識では、対象の位置・姿勢を正確に制御したり、照明条件を整備することによって良好な画像の入力を実現している。これらの文字の多くは印刷文字であり、刻印文字は少ない。また、印字する対象の材質を限定して鮮明な画像が得られるようにしている場合もある。

#### 1.4 自動車製造業における文字認識の課題

自動車製造業においては、ここ数年のF Aの普及にもかかわらず、製造ラインにおける作業指示や検査の大半を人間に頼ってきた。しかし、作業指示や検査の信頼性の向上ならびに自動化が重要な課題となり、その上生産管理などの情報を担う工業用文字を積極的に活用して生産性を向上させたいという要望が極めて強くなったため、工業用文字認識が不可欠になってきた。特に、車両を識別するための番号（車台番号と呼ばれている）の認識は最も実用化が望まれていた課題である。

自動車製造業における工業用文字認識では、従来の工業用文字認識の方法をそのまま適用することは難しい。それは、寸法の大きな車体用パネルやフレームなどに印字される場合には均一な照明や正確な位置決めが容易にできなかったり、印字される対象の材質の違い、塗装状態の変化、あるいは雑音となる汚れ（水滴、油など）が多く、鮮明な画像が得にくいためである。また、刻印文字の場合には、外部から与える照明により文字部と背景部とのコントラストが大きく変化するため、打刻のばらつきや照明の変化によって文字画像は変動し、その認識は容易ではない。更に、打刻される表面が平坦でない場合には、文字認識は一層難しくなる。

従って、多くの場合観測方法を容易に改善することはできず、雑音などが重畳し部分的に歪のある非線形な変形をした文字を前処理や識別方法などの改善によって安定に認識することが重要な課題となる。

#### 1.5 本研究の目的

自動車製造業における工業用文字は、自動車の機能部品（噴射ノズルやエンジンなど）上の文字と自動車の構造部品（車体パネルやフレームなど）上の文字とに大別される。図1.3は、工業用文字が使用されている主な自動車部品を機能部品と構造部品とに分けて示したものである。機能部品には印刷文字ならびに刻印文字が用いられるが、構造部品では印字後に防錆処理や塗装されることが多いため、多くの場合刻印文字が使われている。

機能部品に用いられる代表的な印刷文字には、スクリーン印刷文字とレーザーマ

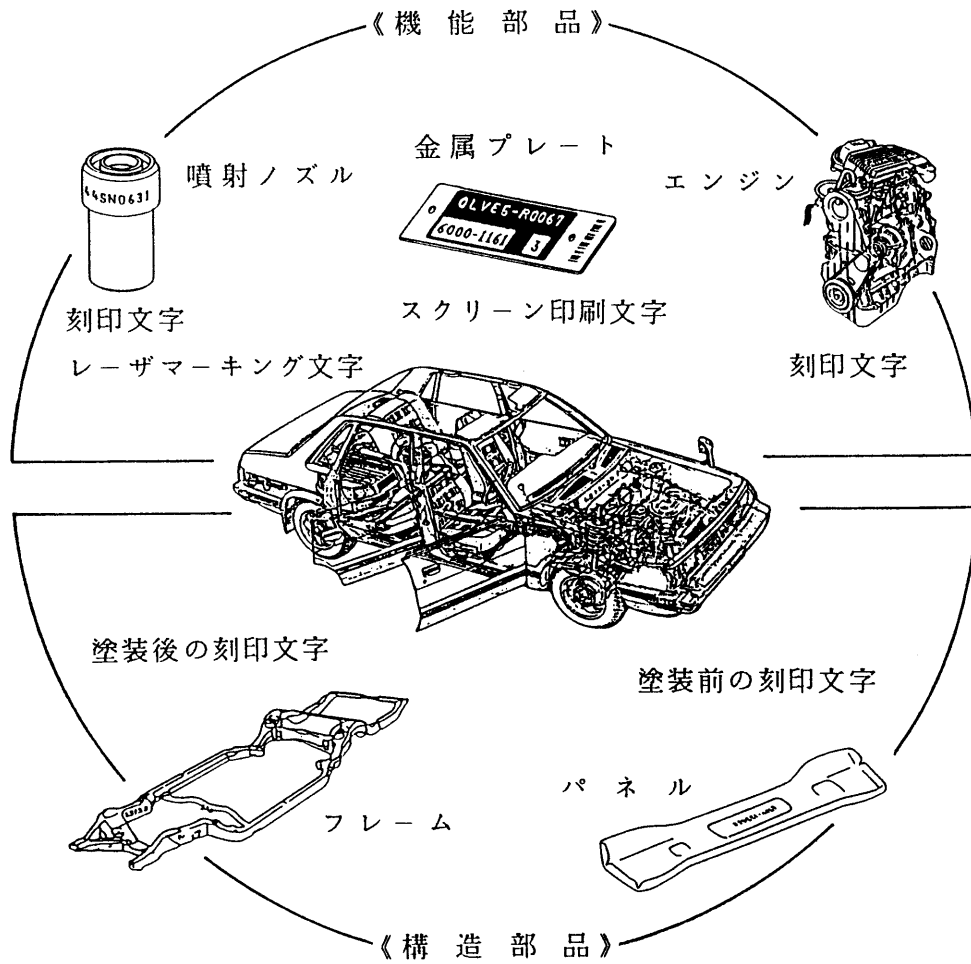


図 1.3 自動車製造業における工業用文字の種類と適用部品の例

キング文字がある。スクリーン印刷文字は表面に塗料を転写して印字する文字で、部品に取り付けられた金属プレート（同図上中央）などに多用されている。また、レーザーマーキング文字は金属表面を酸化させて印字する文字で、噴射ノズル（同図上左）などに用いられている。

一方、機能部品や大部分の構造部品に用いられる刻印文字は、エンジン番号（同図上右）や車体パネル（同図下右）および車体フレーム（同図下左）の車台番号など生産管理上重要な番号に多く用いられる。刻印文字は、塗装前の鋼板上に打刻される場合と打刻後に塗装される場合とがある。塗装の有無によって文字部と背景部とのコントラストが文字ごとや一文字の部分ごとに異なり、画像の品質は全く異なったものとなる。塗装された刻印文字は多くの雑音が混在した画像となりやすく、塗装前の刻印文字に比べて認識は容易ではない。

本研究の目的は、以上のように分類した自動車製造業の工業用文字について、それぞれの文字に適した認識方法およびその方法を用いた実用性の高いシステムを開発することである。

## 1.6 本論文の構成

本論文は、自動車産業に代表される製造業での組立て・検査工程の自動化を目標とした工業用文字認識に関する研究の結果をまとめたもので、全体で8章よりなる。工業用文字認識では、特徴抽出や識別だけでなく観測や前処理の改良が重要であるが、自動車製造業では観測の改善が容易でない場合が多く、観測方法以外の改善がより重要になる。

第1章は序論で、文字認識の方法および歴史、製造業における文字認識の現状、従来の研究、自動車製造業における文字認識の課題、ならびにそれらの課題を踏まえた本研究の目的について述べた。

第2章では、工業用文字のうち文字部分をくぼませて溝状にした刻印文字について検討し、前処理の2値化による刻印文字の認識率改善について述べる。

第3章では、刻印文字を対象とした新しい文字切出し方式を検討し、鋼板上の刻

印文字の一例として、自動車の車台番号認識について述べる。

第4章では、鋼板に打刻された刻印文字に注目し、その識別方法と有効性について述べる。

第5章では、塗装が施された刻印文字について検討し、その識別方法と有効性を述べる。

第6章では、工業用文字のうち表面に塗料を転写して印字するスクリーン印刷文字について検討し、この文字に適した識別方法と有効性について述べる。

第7章では、工業用文字のなかで金属表面を酸化させて印字するレーザマーキング文字について検討し、この文字に適した識別方法および有効性を述べる。

第8章は総括で、以上の研究結果をまとめ、今後の課題を述べる。

## 1.7 むすび

本章では、まず文字認識の一般的な方法ならびにこれまでの文字認識の歴史を述べ、文書用の文字認識だけでなく近年では特に製造業における文字認識が重要になってきた経緯を明らかにした。次に、製造業における文字認識の必要性および文書用の文字認識との相違点を示し、工業用文字に関する従来の研究について述べた。更に、自動車製造業における課題を述べ、それらの課題を踏まえて自動車製造業に現れる文字を分類し、本研究の目的を明確にした。最後に、次章以下の本論文の構成を示した。

< 文 献 >

- ( 1 ) 橋本：“文字認識概論”，電気通信協会，（昭57-03）。
- ( 2 ) 森：“パターン認識”，電子情報通信学会，（昭63-11）。
- ( 3 ) 坂井：“応用分野から見た認識と理解：文字・文書の認識と理解”，  
信学誌，7 1，1 1，pp.1182-1191（昭63-11）。
- ( 4 ) 江尻：“工業用画像処理”，昭晃堂，（昭63-05）。
- ( 5 ) 新田，本郷：“刻印文字チェッカ”，テレビ学技報，I P A 5 8 - 2，  
pp.31-36（昭57-08）。
- ( 6 ) 本郷，小室：“キーボード配列検査システムのアルゴリズム”，  
電学論（C），1 0 7 - C，8，pp.745-752（昭62-08）。
- ( 7 ) 肥塚，平岡，中島，稲垣：“辞書学習機能を備えた一括画像入力形高速  
キー配列検査装置”，電学論（C），1 0 8 - C，5，pp.339-346  
（昭63-05）。
- ( 8 ) 肥塚，平岡，中島，稲垣：“学習に基づく特徴辞書作成の一手法”，  
信学技報，P R L 8 5 - 1，pp.1-8（昭60-05）。
- ( 9 ) Y.Nakamura,M.Suda,K.Sakai,Y.Takeda and M.Udaka：“Development of a  
High-Performance Stamped Character Reader”，IEEE Trans. Ind.  
Electron., IE-33，2，pp.144-147（1986）。
- ( 10 ) 中村，須田，林：“工業応用文字読取装置（T O S E Y E - 1 0 0 0）”，  
信学技報，P R U 8 6 - 7 9，pp.69-74（昭61）。
- ( 11 ) 山田，小森，田島：“度数計指数文字の識別”，通研実報，2 3，1 2，  
pp.169-187（昭49-12）。
- ( 12 ) 飯島：“パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察”，  
信学論（D），5 5 - D，8，pp.507-514（昭47-08）。
- ( 13 ) 飯島：“マッチング法による文字認識の理論”，信学誌，5 6，5，  
pp.668-677（昭48-05）。
- ( 14 ) 中村，岡本，庭田，南：“欧文テキスト画像における文字領域の抽出アル



- ゴリズム”，信学論（D），J 6 6 - D, 4, pp.437-444（昭58-04）。
- (15) 豊田，野口，西村：“日本語印刷文書における文字切り出し—新聞自動読み取りへの応用—”，情処論，24, 4, pp.481-487（昭58-07）。
- (16) 秋山，内藤，増田：“非接触文字優先切出しによる印刷物からの文字切出し法”，信学論（D），J 6 7 - D, 10, pp.1194-1201（昭59-10）。
- (17) 馬場口，塚本，相原：“手書き日本文字列からの文字切り出しの基礎的考察”，信学論（D），J 6 8 - D, 12, pp.2123-2131（昭60-12）。
- (18) 辻，浅井：“分散最小基準に基づく適応型文字分離方式”，信学論（D），J 6 8 - D, 8, pp.1497-1504（昭60-08）。
- (19) R. Casey and G. Nagy：“Recognition of printed chinese characters”，IEEE Trans. Electron. Comput., EC-15, 1, pp.91-101（1966）。
- (20) E. C. Greanias, P. F. Meagher, R. J. Norman and P. Essinger：“The Recognition of Handwritten Numerals by Contour Analysis”，IBM Journal R&D, 7, 1, p.14（1963）。
- (21) 久保，梶谷，堀江，中山：“郵便番号自動読取区分機”，東芝レビュー，25, 1, p.11（昭45-01）。
- (22) 山本，安田，宮本，堤：“手書き数字認識論理の設計”，信学論（C），53 - C, 10, p.691（昭45-10）。
- (23) 佐野，花野井：“H - 8 9 5 9 形光学文字読取機”，日立評論，54, 12, p.1077（昭47-12）。
- (24) H. A. Glucksman：“Classification of Mixed-font Alphabets by Characteristic Loci”，1967 Digest of 1st Ann. IEEE Computer Conf., p.138（1967-09）。
- (25) 安田，藤沢：“文字認識のための相関法の一改良”，信学論（D），J 6 2 - D, 3, pp.217-224（昭54-03）。
- (26) 小森，川谷，石井，飯田：“特徴集積による手書き片仮名文字の認識”，信学論（D），J 6 3 - D, 11, pp.962-969（昭55-11）。
- (27) 山本：“弛緩整合法による手書き教育漢字認識”，信学論（D），

- J 6 5 - D, 9, pp.1167-1174 (昭57-09) .
- (28) 黒沢, 麻田: “自由手書き文字認識”, 東芝レビュー, 41, 12, pp.1012-1015 (昭61-12) .
- (29) 山田, 齊藤, 森: “類似度法の一改良, 一ずらし類似度”, 信学論(D), J 6 4 - D, 10, pp.970-976 (昭56-10) .
- (30) 嶋, 柏岡, 安江: “部分画像の並列切出し照合方式に基づく捺印パターンの欠陥検出”, 信学論(D), J 6 9 - D, 3, pp.417-426 (昭61-03) .
- (31) 本郷, 仁藤, 紺野, 外山: “レーザー刻印文字読取り装置”, 富士時報, 59, 12, pp.768-770 (昭61-12) .
- (32) Y.Hongo and A.Komuro : “Stamped Character Inspection Apparatus based on The Bit Matrix Method”, Proc. of the 6th Int. Conf. on Pattern Recognition , pp.448-450 (1982).
- (33) 長尾: “画像認識論”, コロナ社, (昭58-02) .
- (34) A.Rosenfeld and A.C.Kak : “Digital Picture Processing”, Academic Press, Inc. (1976).
- (35) 大津: “判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 信学論(D), J 6 3 - D, 4, pp.349-356 (昭55-04) .
- (36) J.S.Weszka, R.N.Nagel and A.Rosenfeld : “A threshold selection technique”, IEEE Trans. Comput., C-23, 12, pp.1322-1326 (1974).
- (37) J.M.White and G.D.Rohrer : “Image thresholding for optical character recognition and other applications requiring character image extraction”, IBM J. Res. Develop., 27, 4, pp.400-411 (1983).
- (38) W.Doyle : “Operation useful for similarity-invariant pattern recognition”, J. Assoc. Comput. Mach. , 9, pp.259-267 (1962).
- (39) M.Takatoo, M.Kanasaki, T.Mishima, I.Shibata and H.Ota : “Gray scale image processing technology applied to vehicle license number recognition system”, Proc. Int. Workshop on Industrial Applications of Machine Vision and Machine Intelligence ,

pp.76-79 (Feb.1987).

- (40) 大谷, 塩: “情景画像からの文字パターン抽出と認識”, 信学論(D), J 7 1 - D, 6, pp.1037-1047 (昭63-06) .
- (41) 安居院, 崔, 中嶋: “リアビューからの車両番号抽出法”, 昭60情報システム部門信学全大, 1 1 5 .
- (42) 加藤: “車番自動読取装置における文字領域抽出法”, 昭61信学総全大, 1 3 5 2 .
- (43) S.W.Zucker : “Region Growing : Childhood and Adolescence” , Computer Graphics and Image Processing, 5 , 3 , pp.382-399 (1976).
- (44) 船越, 美濃, 坂井: “情景画像中の文字抽出の検討”, 昭62信学総全大, 1 5 0 3 .
- (45) J I S C 6 2 5 0 : “光学式文字認識のための字形(英数字)”, 日本規格協会 (1976) .
- (46) International Standard 1073 / I : “Alphanumeric character sets for optical recognition - Part I : character set OCR A - Shapes and dimensions of the printed image” , ISO (1976).
- (47) International Standard 1073 / II : “Alphanumeric character sets for optical recognition - Part II : character set OCR B - Shapes and dimensions of the printed image” , ISO (1976).
- (48) J I S C 6 2 5 3 : “光学式文字認識のための印字仕様”, 日本規格協会 (1982) .
- (49) International Standard 1831 : “Printing specifications for optical character recognition” , ISO (1980).

## 第 2 章 刻印文字認識のための前処理

### 2. 1 ま え が き

刻印文字認識の前処理において、撮像した画像を2値化し、以後の処理データ量を減らして扱いを簡単にすることは重要な問題である。本章では、刻印文字を対象としたしきい値特性に基づく新規の2値化法を提案し、この方法による刻印文字の認識率改善の効果を論ずる。

刻印文字は、紙面上に印刷あるいは手書きされた文字と異なり、鋼板などの上に打刻された溝として印字される。文字線となる溝と文字背景の鋼板とは同一材質で、元々コントラストはないため、外部から与える照明によってコントラストをつけ撮像する。現在使用されている多くの刻印機では、刻印圧の変動などによる刻印溝の幅や深さの不揃い、および打刻ヘッドの傾きによる刻印溝形状の変化は避けられない。このような刻印文字を撮像し固定しきい値で2値化すると、文字ごとに線幅が変化するばかりでなく、1文字のなかでも線幅が不均一になる。通常、刻印文字は印刷文字と同様に、標準となる文字パターンとの重ね合わせにより文字認識を行うため、標準パターンの線幅と異なる文字の認識は容易でない。そこで刻印文字の場合には、2値化の際に所定の文字線幅になるように配慮することが重要である。

これまでの代表的な2値化手法には、DoyleのP-タイル法<sup>(3)</sup>、大津の判別しきい値選定法<sup>(4)</sup>などがあるが、いずれも文字パターンに限らない一般的な対象に関する2値化の方法であり、背景雑音の低減を主眼としている。文字パターンの2値化では、背景雑音が少ないこと以外に、文字線の情報を損なわないことが必要である。文字パターンを対象とした主な2値化の報告には、星野ら<sup>(5)</sup>の微分2値化<sup>(6)</sup>を用いた方法、塩<sup>(7)</sup>の動的2値化<sup>(8)</sup>を用いた方法、あるいは高藤ら<sup>(9)</sup>の局所最大値フィルタと局所最小値フィルタを用いた2値化の方法などがある。しかし、これらの手法は、文字線部分を確実に2値化する工夫を行っているが、文字線幅の正規化まで考慮した方法ではない。文字線幅の正規化を考慮した手法として、上田ら<sup>(10)</sup>や

塩野ら<sup>(11)</sup>の報告もあるが、いずれも計算量が多く処理時間がかかり、更に文字の局所的な変動に弱いため、刻印文字の2値化に適用することは難しい。このように、従来の2値化手法によって文字線幅が変動する刻印文字を適正に2値化することは容易でない。また、刻印文字への適用を目的とした2値化に関する報告例は見られない。

本章では、刻印文字の画像を2値化する際、背景雑音を少なくし文字線の情報を確実に抽出した上、更に文字線幅の不揃いも少なくする方法<sup>(1)・(2)</sup>を提案する。この方法では、刻印溝の幅・深さや形状の異なる刻印文字の集団から集団を代表するいくつかのサンプル文字を選び、これらについて文字線幅と2値化しきい値の関係を求め、これをもとに事前にそれぞれの刻印品質に対し最適な2値化しきい値を示す特性（以下、しきい値特性という）を作成しておく。撮像後、予め定めた固定しきい値により一度2値化し、文字ごとにその文字線幅からしきい値特性を参照して最適な2値化しきい値を選択し再び2値化を行う。

この方法により、比較的簡単なアルゴリズムで低品質な刻印文字まで正確に認識することができるようになった。更に、作成に時間を要するしきい値特性を自動作成することにより省力化を図ることも可能となった。

## 2. 2 2値化の方法

### 2. 2. 1 しきい値特性に基づく最適2値化の原理

現在広く用いられている刻印機による刻印文字品質の低下は、刻印圧の変動・打刻ヘッドの傾きおよび打刻ヘッドの消耗によって生ずる。このうちとくに品質低下の原因となるものは、刻印圧変動と打刻ヘッドの傾きである。

図2.1は、刻印圧の変動に伴う刻印溝深さの変化を示したものである。刻印圧が適正な場合に比べ、刻印圧が高くなると刻印溝は深くなり、一方刻印圧が不足すると浅くなる。また打刻ヘッドが傾くと図2.2に示すように偏って強く打刻された方が刻印溝が深くなり、文字の左右部分での文字線幅は異なってくる。打刻ヘッドの消耗は主にヘッドの先端部で生じ、そのため先端部形状にやや丸味ができる程度で、

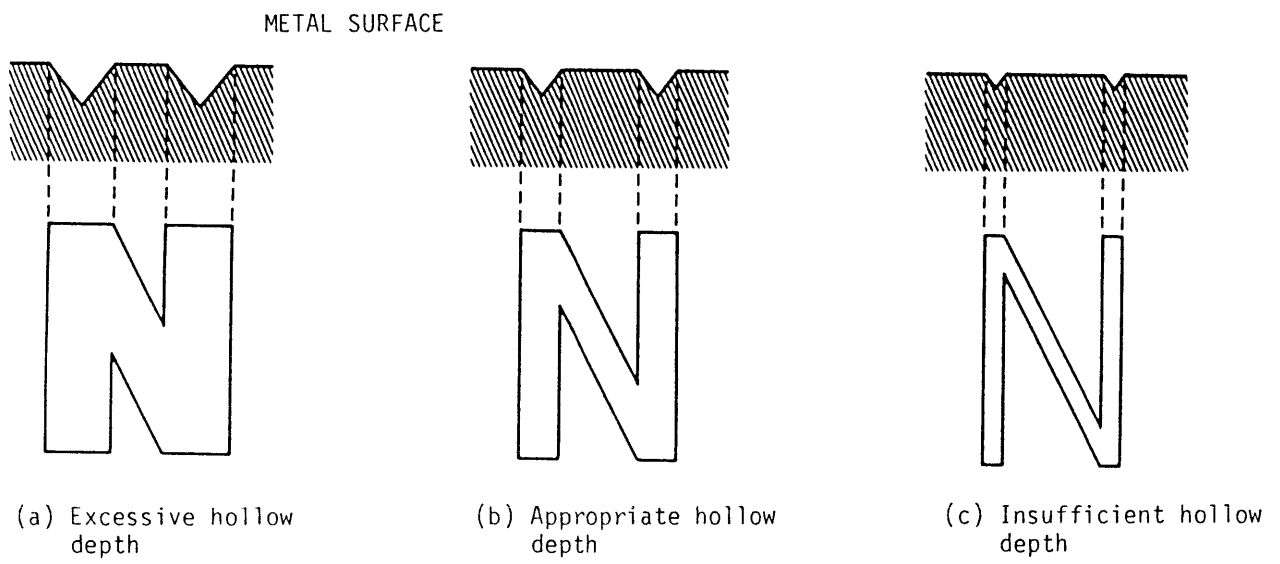


図 2.1 刻印圧変動に伴う刻印溝深さの変化

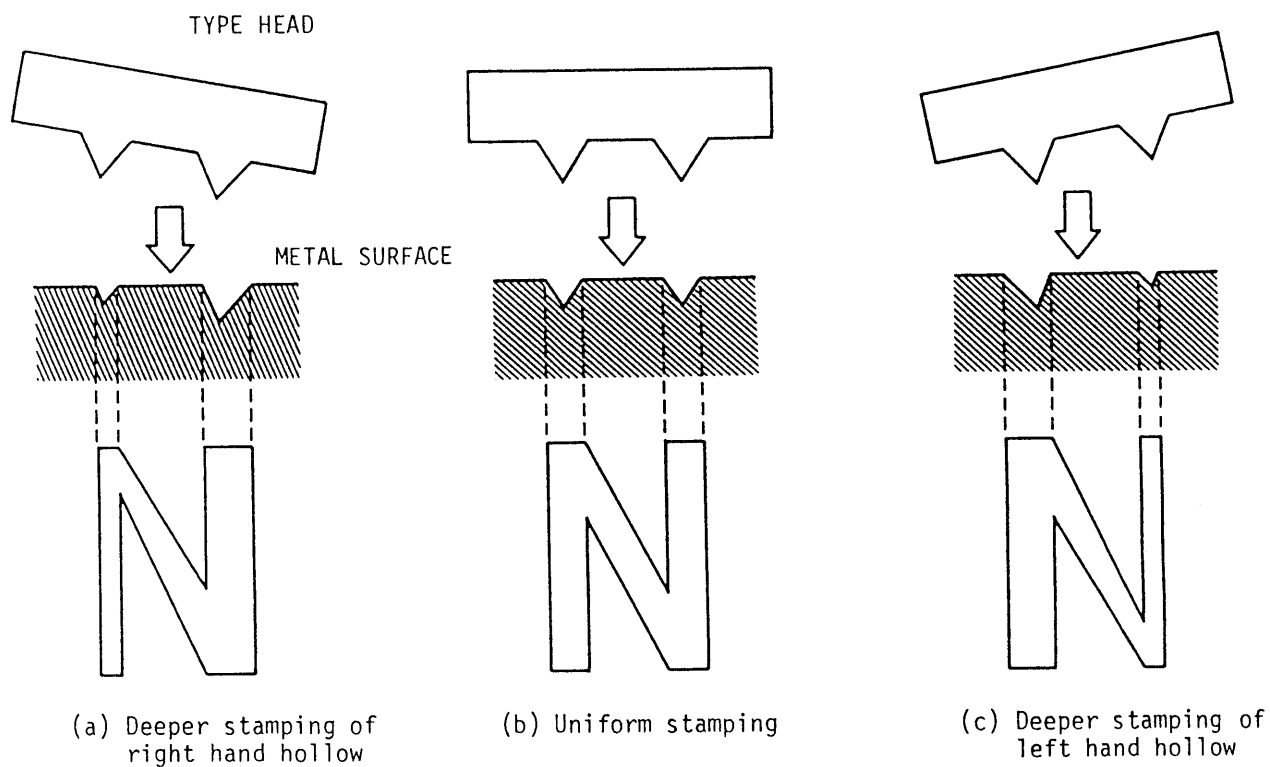


図 2.2 打刻ヘッドの傾きに伴う刻印溝形状の変化

図 2.1 や図 2.2 ほど刻印溝形状が変化することはない。

上述のうち、打刻ヘッドの傾きによる左右部分の刻印溝形状の異なりはパターンマッチングの際の標準パターンの追加で対応できるので、ここでは刻印圧変動による刻印溝深さの変化の対処法について述べる。

図 2.3 は、刻印圧変動によって異なった深さとなった刻印溝を一定の照明条件で撮像して得られた画像の濃淡レベルの変化の様子を示したものである。深さの異なる刻印溝の文字を撮像し同じしきい値で 2 値化すると、2 値化された文字の線幅は図 2.3 に示すように異なり、パターンマッチング法で認識した場合、認識率は低下する。

この認識率の改善のためには、文字が同じ線幅となるような 2 値化しきい値を選択する方法が有効な方法と考えられる。図 2.4 (a) は一定の照明条件下で刻印溝を撮像した画像の濃淡レベルの変化を示したもので、図のように刻印溝部分と刻印表面部分との境界の濃淡レベル変化は急峻でない。このような濃淡レベルにいくつかの 2 値化しきい値を設け、各 2 値化しきい値に対する文字線幅を求めると、図 2.4 (b) のように刻印溝深さに対応した文字線幅の変化特性が得られる。

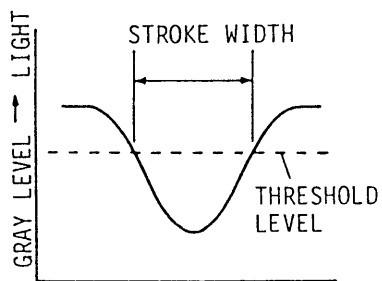
そこで、溝深さの異なるそれぞれの刻印品質ごとに図 2.4 (b) のような文字線幅の変化特性を求め、文字線幅を正規化する条件で各刻印品質に対する最適な 2 値化しきい値をしきい値特性として作成しておけば、刻印溝深さにかかわらずいつも最適な 2 値化しきい値を得ることができる。

## 2. 2. 2 最適 2 値化法を用いた文字認識の基本的な流れ

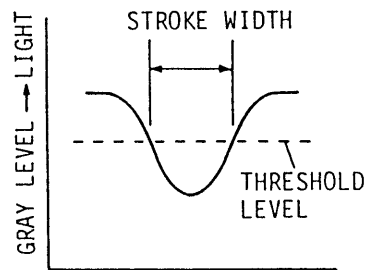
最適な 2 値化しきい値を決定するために、まず撮像した刻印文字の文字線幅を計算する。文字線幅は、各文字とも平均文字線幅とする。実際の処理においては、文字線幅の代わりに式(2.1)で表される文字線幅の逆数の近似値を示す係数 K を用いる。

$$\text{係数 K} = \frac{\text{文字の輪郭線を構成する画素数}}{\text{文字の輪郭線で囲まれた画素数}} \quad (2.1)$$

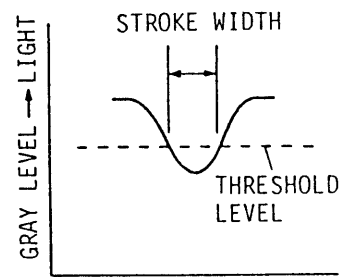




(a) Excessive hollow depth

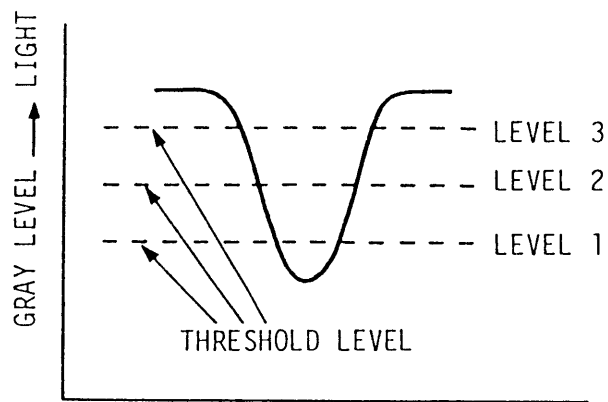


(b) Appropriate hollow depth

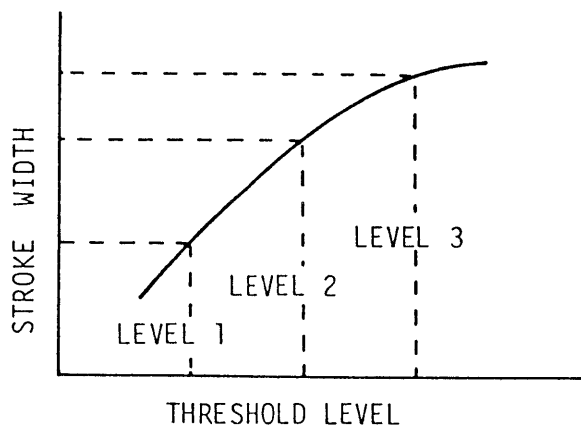


(c) Insufficient hollow depth

図 2.3 刻印溝深さによる撮像画像の濃淡レベルの変化



(a) Threshold level and gray level



(b) Threshold level and stroke width

図 2.4 2 値化しきい値と文字線幅の関係

ただし、文字輪郭線の凹凸が多い画像では、同じ字種であっても係数 $K$ は大きく変わるため、このような場合には文字輪郭線を平滑化した後に係数 $K$ の計算を行う。

図2.5は、2.2.1の原理に基づく最適2値化の基本的な処理の流れを示したものである。入力された文字画像を判別しきい値選定法<sup>(4)</sup>で前もって決定していた固定しきい値で2値化し、投影法<sup>(12)</sup>によって文字検出・切出しを行う。そして各文字について式(2.1)から係数 $K$ を求め、しきい値特性を参照して最適な2値化しきい値を決定し、これに基づいて再び2値化を行う。2回の2値化処理のうち、最初の2値化の値は溝深さの適正な良品質刻印文字を対象にして判別しきい値選定法により予め求めておいた固定しきい値であり、入力文字ごとに変更されることはない。再び2値化した文字は文字の重心で位置合わせ後文字識別を行う。

しきい値特性は刻印溝深さの異なる実際のサンプルを用い図2.4(b)の特性を求めることにより作成する。図2.6に、係数 $K$ と最適な2値化しきい値の関係を示すしきい値特性の例を示す。図2.6で縦軸は16段階の量子化レベルで表している。

### 2.2.3 しきい値特性の自動作成

前述したしきい値特性の作成には長い時間を必要とする。図2.6に示すしきい値特性の作成は人手によると1文字あたり約15分かかり、良品質と上・下限2種の限度品質刻印文字を用いたしきい値特性作成には約45分を要する。そこで、省人化のためにしきい値特性の自動作成を提案した。

図2.7に、最適な2値化しきい値を表すしきい値特性の自動作成の流れを示す。図2.8は図2.7の説明図である。しきい値特性の自動作成は、良品質刻印文字による最適な係数 $K$ の決定、限度品質刻印文字2種によるしきい値特性適用範囲の決定ならびにしきい値特性の作成よりなる。

しきい値特性の自動作成は以下のように行う。

- (1) 代表的な良品質サンプル1個を選び、2値化しきい値と係数 $K$ の関係を決定する(図2.8(a))。
- (2) 二つの関係を示す特性曲線 $\ell$ を最小2乗法によって決定する(図2.8(b))。

この特性曲線 $\ell$ は、2値化のできる $TU$ と $TL$ の間で成立する。

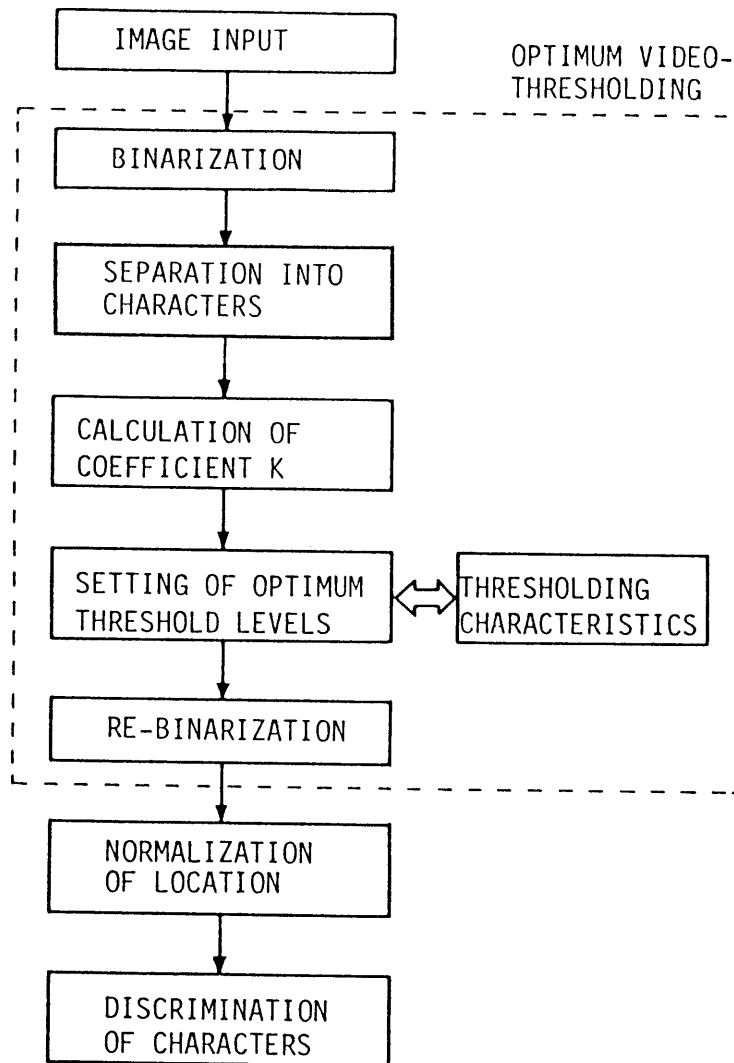


図 2.5 しきい値特性に基づく最適 2 値化の基本的な処理の流れ

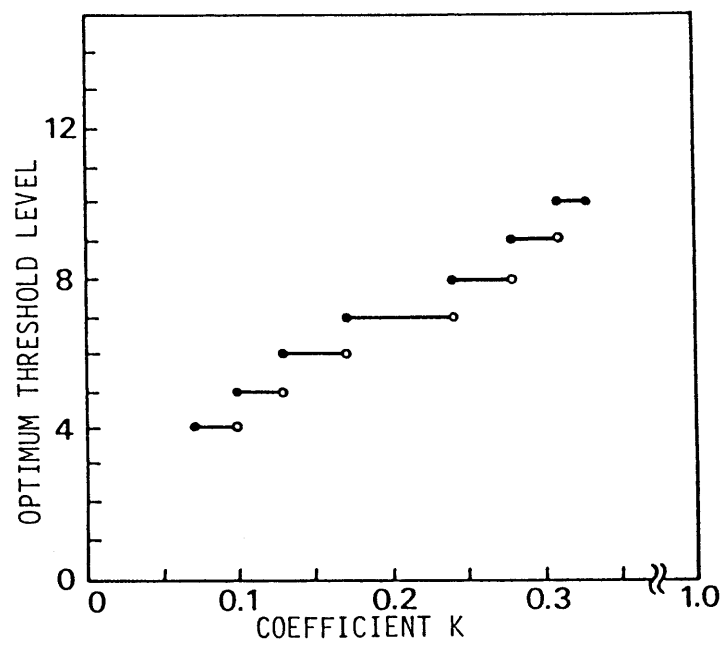


図 2.6 最適な2値化しきい値を示すしきい値特性の例

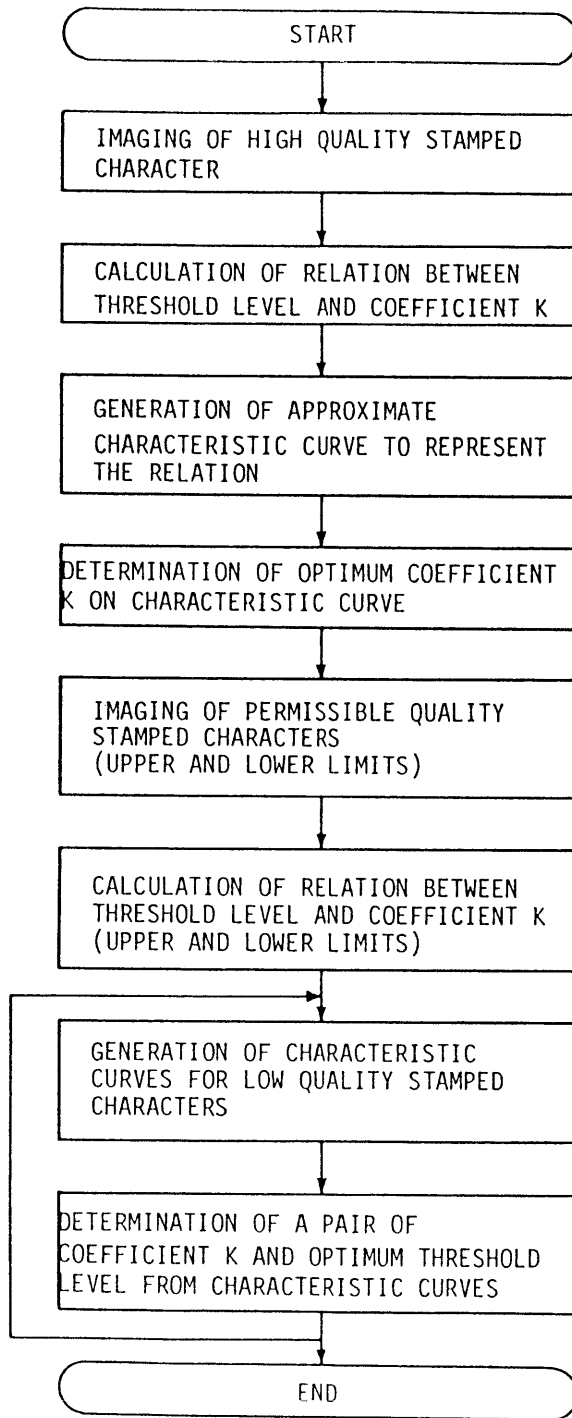


図 2.7 しきい値特性自動作成の流れ

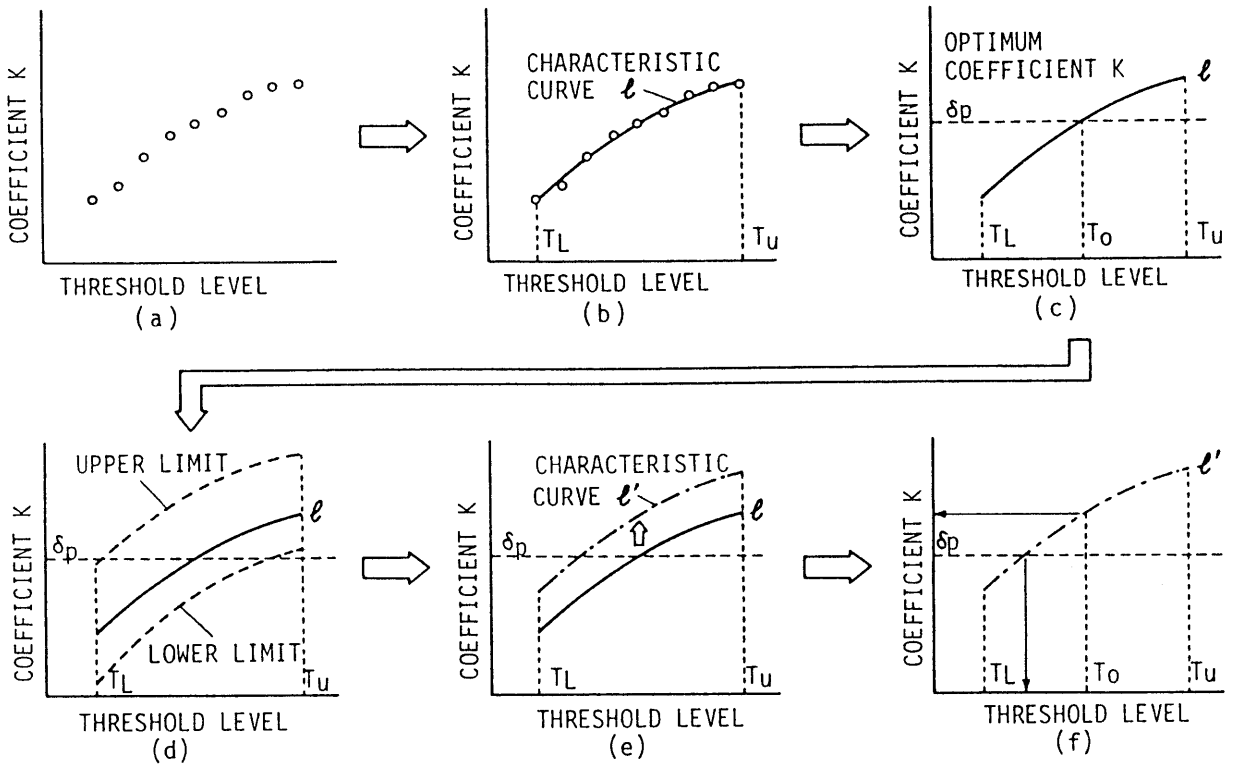


図 2.8 しきい値特性自動作成の説明図

- (3) 特性曲線  $\ell$  と判別しきい値選定法で得た固定2値化しきい値  $T_0$  より、良品質刻印文字の係数  $K$  の最適値  $\delta p$  を決定する (図 2.8 (c))。
- (4) 限度品質刻印文字の上限・下限のサンプルを各1個選び、良品質刻印文字と同様の方法で2値化しきい値と係数  $K$  の関係を測定する (図 2.8 (d))。
- (5) 低品質刻印文字の特性曲線  $\ell'$  を良品質の特性曲線  $\ell$  の平行移動によって求める (図 2.8 (e))。
- (6) 特性曲線  $\ell'$  上で、係数  $K$  の最適値  $\delta p$  を与える2値化しきい値と固定2値化しきい値  $T_0$  で2値化したときの係数  $K$  とを求める (図 2.8 (f))。
- (7) 特性曲線  $\ell'$  上で、係数  $K$  と最適な2値化しきい値の組合わせを逐次求めながらしきい値特性を作成する。

このしきい値特性自動作成法を用いると、1文字あたり約15分要したものが約10秒で可能となる。

## 2.3 自動車機械部品番号認識装置

### 2.3.1 装置構成

この最適2値化法を用いた機械部品番号認識装置を試作・開発した。機械部品は図 2.9 に示す円筒形状をした自動車部品で、刻印文字の大きさは  $1.0 \text{ mm (W)} \times 2.0 \text{ mm (H)}$ 、刻印表面は研削仕上げがなされている。認識すべき文字は英数字16字種 (英文字6種, 数字10種) で、円筒形状部品に打刻された10けたのうち下位3けたを認識する。また、打刻ヘッドに傾きが生ずるため刻印溝は左右部分で不均一となり、撮像された文字の線幅は左右部分で異なったものも多い。

図 2.10 は機械部品番号認識装置の撮像部を示したものである。回転シャフト上に配置した部品をシンクロモータにより速度  $1 \text{ rps}$  で回転する。光源には高輝度 LED を用い、その光をレンズ・拡散板を経て対象物上に投射する。刻印文字は、ラインセンサ (MOS型, 128画素) で1文字あたり  $50 \text{ 画素} \times 50 \text{ 画素}$  の大きさで撮像する。照明は、刻印表面は明るく刻印溝部を暗くする明視野照明を用いている。

機械部品番号認識装置の構成を図 2.11 に示す。この装置は、撮像部・画像入力



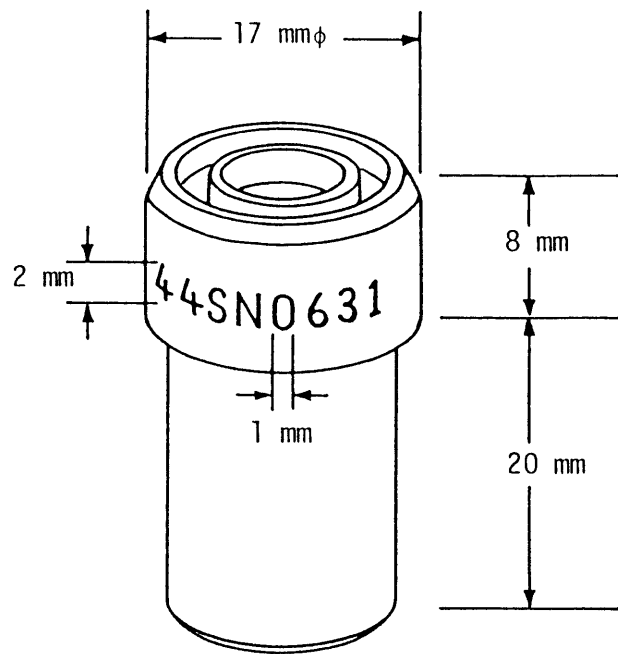


図 2.9 認識対象とした機械部品

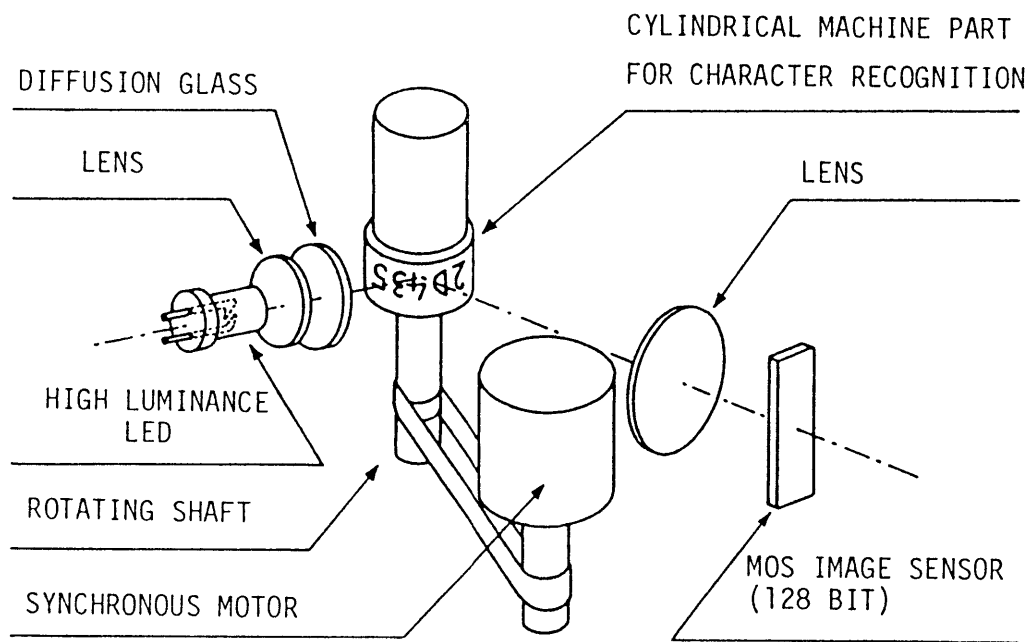


図 2 . 1 0 機械部品番号認識装置の撮像部

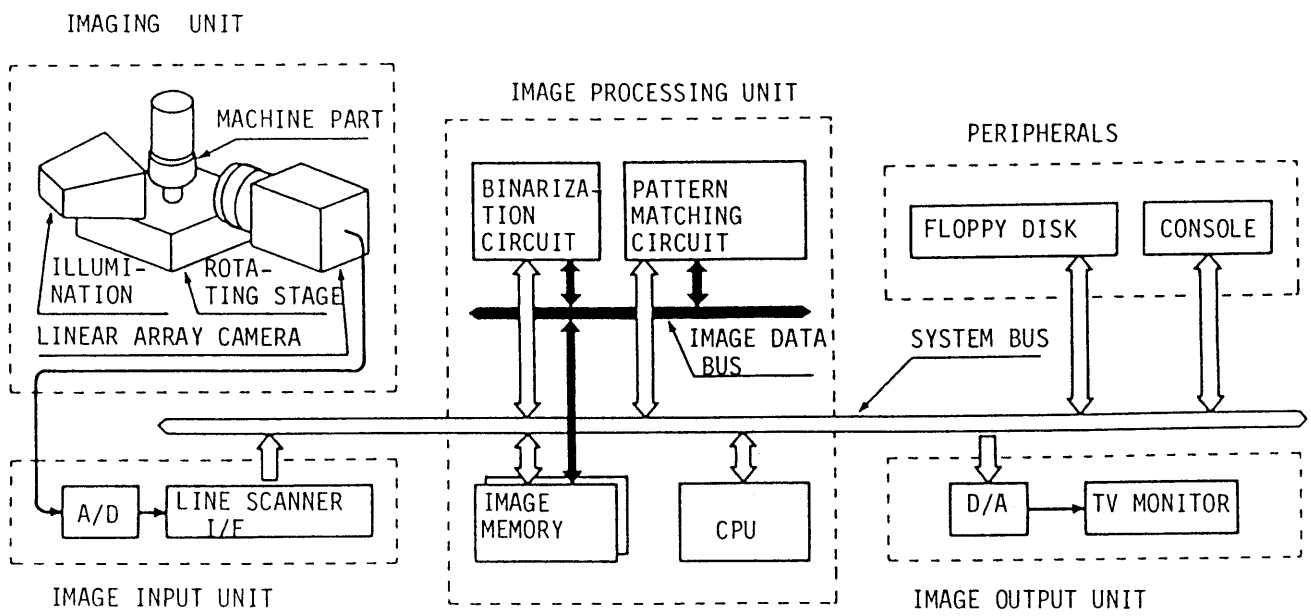


図 2 . 1 1 機械部品番号認識装置の構成

部・画像処理部・画像出力部および周辺機器で構成している。処理時間短縮のため、画像処理部の2値化回路とマッチング回路は開発した専用ハードウェアを用いている。

### 2. 3. 2 認識処理の流れ

図2.12は、提案した最適2値化法を用いた機械部品番号認識装置の処理の流れを示したものである。処理は、文字画像の入力・最適2値化処理およびパターンマッチングによる文字判定よりなっている。

撮像した文字画像において、固定しきい値で2値化後、投影法により1文字を50画素×50画素で切り出し、しきい値特性によって最もふさわしい2値化しきい値で再び2値化する。最適な2値化しきい値で文字線幅が正規化された文字を文字重心で位置合わせし、次に示す一致の度合（以下、一致度と呼ぶ）によって文字を判定する。

入力パターンの座標 $(i, j)$ における値を $X(i, j)$ 、その画素数を $M \times N$ 個、 $K$ 個の字種に $L$ 個ずつのパターンをもつ標準パターンの座標 $(i, j)$ に対応する値を $Y_{kl}(i, j)$ 、 $(k = 1, 2, \dots, K ; l = 1, 2, \dots, L)$ としたとき、各字種に対する一致度 $S_k$ を、

$$S_k \equiv \max_{1 \leq l \leq L} [ 1 - \sum_j \sum_i \{ X(i, j) \oplus Y_{kl}(i, j) \} / (M \times N) ] \quad (2.2)$$

で表すことにする。ただし、 $X(i, j)$ および $Y_{kl}(i, j)$ の値は0または1で、 $\oplus$ は排他的論理和に相当する2を法とする加算を示したものである。標準パターンとして刻印ヘッドの傾きに合わせ、適正に打刻されたときと左右に偏って打刻されたときの3種のパターンを用いている。

## 2. 4 認識率改善に関する実験

### 2. 4. 1 実験方法

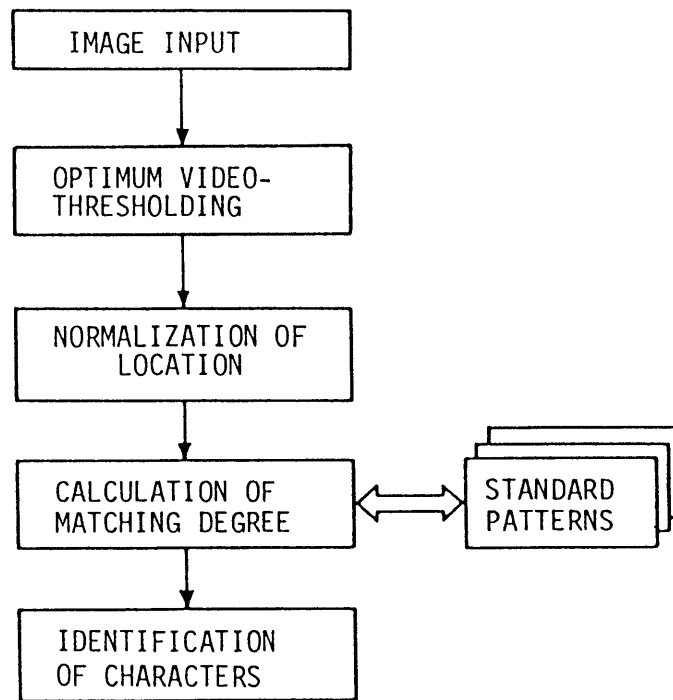


図 2.1.2 機械部品番号認識装置の文字認識処理の流れ

提案した最適2値化法による認識率改善の効果を検証するため、機械部品番号認識装置を用いて次の二つの方法で実験を行った。

#### 〔1〕 類似文字を用いた認識率の実験

図2.9の機械部品刻印文字の類似文字である“D”，“0”，“8”について、刻印溝の偏り方が異なるものを含め、刻印溝深さが適正なものと深いものおよび浅いものそれぞれ40個、合計120個の限度サンプルを用意し、認識実験を行った。限度サンプルは現場検査員が現行の検査基準に基づいて選んだものである。

このように選んだ120サンプルについて、図2.12に示した処理アルゴリズムで、

(1) 固定しきい値による2値化法と一致度によるパターンマッチング法の組み合わせ。

(2) しきい値特性参照による最適2値化法と一致度によるパターンマッチング法の組み合わせ。

の二つの場合について、正読数・リジェクト数・誤読数を測定した。ここではパターンマッチング法として式(2.2)に示した一致度を用いているが、これは一致度による認識率と中村らの用いている類似度<sup>(13)</sup>による認識率とに大きな差異が認められず、一致度の計算が類似度の計算に比べて簡便なためである。

リジェクトか否かの判定基準を図2.13に示す。一致度が最大の文字を第1候補文字、一致度が2番目に大きな文字を第2候補文字としたとき、次の三つの条件のいずれも満足しないときリジェクトとする。これは図2.13に示すように、①第1候補文字の一致度が0.9以上であるとき、②第1候補文字の一致度が0.85以上で、かつ第1候補文字と第2候補文字の一致度の差が0.05以上のとき、③第1候補文字の一致度が0.8以上で、かつ第1候補文字と第2候補文字の一致度の差が0.07以上のときである。

#### 〔2〕 機械部品における認識率の実験

図2.9の機械部品に打刻されている10けたの文字列から、16字種とり合わせて2,000サンプル抽出した。このサンプル中には刻印溝深さが限度サンプル内にある各種のものと刻印溝の偏りが限度サンプル内にある種々のものが含まれている。これらの2,000サンプルについて認識率調査のための実験を行った。一致度の計算とリジ

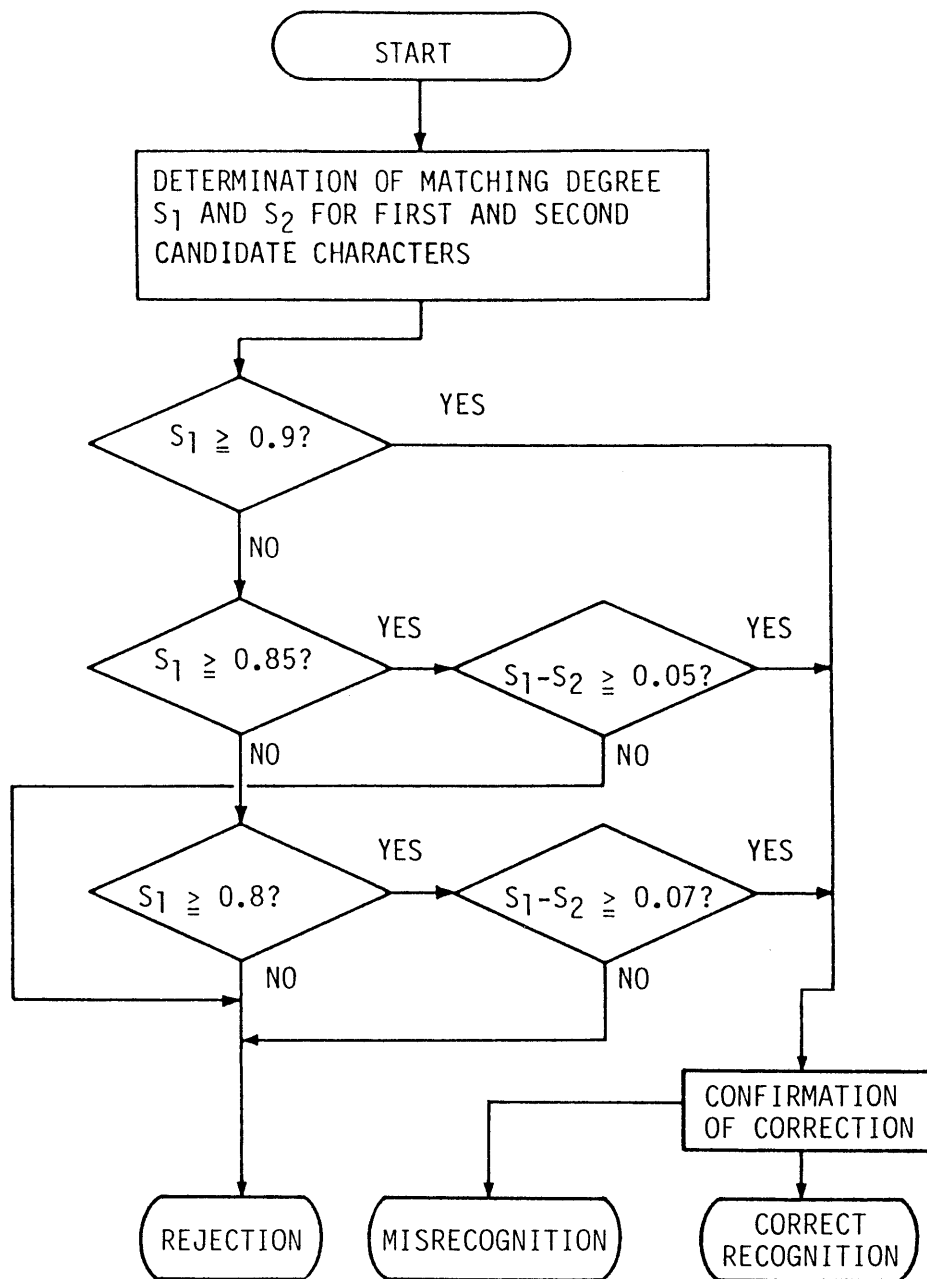


図 2.13 リジェクトの判定基準

ェクトか否かの判定基準は実験〔1〕と同じである。

## 2. 4. 2 実験結果

類似文字を用いた認識率の実験結果を表2.1に示す。表に示すように、固定しきい値による2値化法と一致度によるパターンマッチング法の組み合わせでは、誤読数5でリジェクト数21であったものが、しきい値特性参照による最適2値化法を用いることにより誤読数・リジェクト数ともなくなり120個のサンプルすべてを正読できた。

機械部品における認識率の実験では、“D”と“8”の各2個合わせて4個のサンプルがリジェクトされた。図2.14に、リジェクトされたサンプル例と正読できた限度サンプル例を示す。図に示すように、リジェクトされたサンプルは最初の固定しきい値による2値化で文字の一部に欠けが生ずる溝の浅いサンプルであったため、図2.13に示す判定基準から外れたものである。しかし、この認識率は十分実用可能な値であると考えられる。

以上二つの認識実験により、しきい値特性参照による最適2値化法は刻印文字の認識率向上にとって有効な方法であることが検証された。

この方法を用いた機械部品番号認識装置の性能を表2.2に示す。回転シャフトの速度より文字撮像には1.0秒要するが、撮像後の認識時間は画像の2値化とパターンマッチングを専用ハードウェアで実行しているため0.95秒で行うことができる。これは生産工程での実用装置として十分な値である。

## 2. 5 むすび

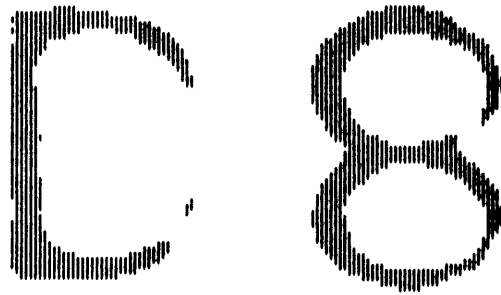
本章では、刻印文字認識のための前処理のなかで2値化について検討し、しきい値特性に基づく新規の2値化法を提案した。

この手法は、背景雑音の低減と文字線の確実な抽出に加え、文字線幅の変動も緩和する方法で、各々の刻印品質に対し最適な2値化しきい値をしきい値特性として持ち、このしきい値特性を参照して文字ごとに最適な2値化を行う方法である。こ

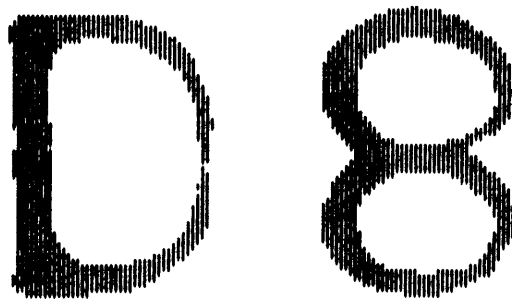


表 2.1 認識率改善に関する実験結果

Result \ Method	Fixed thresholding + Pattern matching	Optimum thresholding + Pattern matching
Correct recognition	94	120
Misrecognition	5	0
Rejection	21	0



(a) Case of rejection



(b) Case of correct recognition

図 2.14 リジェクトされたサンプル例と正読できた  
限度サンプル例（2値画像）

表 2.2 機械部品番号認識装置の性能

Object	Stamped characters including high and low qualities
Category of characters	16 kinds of alphanumerals
Number of characters	3 digits
Recognition time	0.95 sec. (design goal: less than 5.0 sec.)
Recognition rate	99.8 percent (design goal: more than 99.6 percent)

の手法を用いた機械部品番号認識装置による実験では、低品質な類似刻印文字3字種・120サンプルについて、従来の固定2値化法で94サンプルの正読であったが、この方法では120サンプルすべてを正読することができた。また、円筒形状機械部品の英数字16字種・2000サンプルについての認識率調査では99.8%の認識率が得られ、この方法は実用性ある有効な方法であることを確認した。

< 文 献 >

- (1) 中野, 小関, 山本: “低品質刻印文字認識のための最適2値化法”, 信学論 (D), J 6 9 - D, 6, pp.958-966 (昭61-06).
- (2) 中野, 小関, 山本: “低品質刻印文字の認識”, 信学技報, P R L 8 5 - 2 9, pp.21-29 (昭60-09).
- (3) W.Doyle: “Operation useful for similarity-invariant pattern recognition”, J. Assoc. Comput. Mach., 9, pp.259-267 (1962).
- (4) 大津: “判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 信学論 (D), J 6 3 - D, 4, pp.349-356 (昭55-04).
- (5) 星野(弘), 星野(吉): “複雑背景からの特定文字領域の抽出法”, 昭58信学総全大, 1152.
- (6) J.S.Weszka, R.N.Nagel and A.Rosenfeld: “A threshold selection technique”, IEEE Trans. Comput., C-23, 12, pp.1322-1326 (1974).
- (7) 塩: “情景中文字の検出のための動的2値化処理法”, 信学論 (D), J 7 1 - D, 5, pp.863-873 (昭63-05).
- (8) J.M.White and G.D.Rohrer: “Image thresholding for optical character recognition and other applications requiring character image extraction”, IBM J. Res. Develop., 27, 4, pp.400-411 (1983).
- (9) M.Takato, M.Kanasaki, T.Mishima, T.Shibata and H.Ota: “Gray scale image processing technology applied to vehicle license number recognition system”, Proc. Int. Workshop on Industrial Applications of Machine Vision and Machine Intelligence, pp.76-79 (Feb.1987).
- (10) 上田, 中村: “線幅を正規化する濃淡の2値化法”, 信学論 (D), J 6 5 - D, 6, pp.805-806 (昭57-06).
- (11) 塩野, 酒井, 西野: “手書き漢字画像のフィードバック型定線幅2値化法”, 信学論 (D), J 6 9 - D, 1, pp.108-110 (昭61-01).

- (12) G.F.Groner : “Real time Recognition of Handprinted Text” , AFIPS ,  
FJCC , 29 , pp.591 (1966).
- (13) 飯島 : “パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察” ,  
信学論 (D) , 55 - D, 8, pp.507-514 (昭47-08) .

## 第 3 章 刻印文字認識のための 文字切出し

### 3. 1 まえがき

刻印文字の認識は、領域全体から個々の文字領域を抽出する文字切出しと、文字を判定する文字識別とに大別される。刻印文字の文字識別については、これまでにいくつかの手法が提案されている<sup>(1)~(6)</sup>が、文字切出しに関する報告例は見られない。本章では、刻印文字を対象とした文字切出し方式を提案し、刻印文字の一例として自動車の車台番号 (Frame Number) への応用について述べる。

刻印文字は次のような要因で刻印品質が劣化する。一つは、刻印機の打刻圧を文字ごとに常に一定になるように制御することが容易でないため、打刻される文字ごとや打刻位置ごとに刻印溝の幅や深さが変動することである。一つの文字のなかでも、溝幅や深さが部分的に変動する場合も多い。他の一つは、打刻によって主に刻印溝周辺が歪むため、打刻される鋼板の表面全体 (以下、刻印表面と呼ぶ) にわたって緩やかな凹凸が生じることである。この刻印表面の凹凸は、特に自動車の車台番号のように薄い鋼板に打刻される場合に著しい。

このような刻印文字に照明を当てて撮像すると、文字はすべて均一に照明されないため、文字線および文字背景はそれぞれ均一な濃度とはならず、文字のコントラストが低い領域も局所的に見られる。この刻印文字の画像を2値化すると、文字間の分離が困難になることや、分離すべきでない箇所でも分離が行われたりすることなどが頻繁に起こり、個々の文字領域を正確に抽出することは容易ではない。そこで、刻印文字の文字切出しでは、文字線および文字背景の濃度がそれぞれ不均一で、文字のコントラストが低い画像から、正確に文字領域を抽出する必要がある。

これまでの文字切出しに関する報告は、紙面など文書画像からの文字切出し<sup>(7)~(11)</sup>と、3次元空間中の情景画像からの文字切出し<sup>(12)~(17), (19)</sup>とに大きく分けられる。刻印文字の切出しは後者に属する<sup>(17)</sup>。

帳票など文書画像からの切出しは、印刷文字を対象としたもの<sup>(7)~(9)</sup>、手書き文字まで対象を拡げたもの<sup>(10),(11)</sup>など数多く報告されている。しかしこれらの手法は、簡単な2値化により比較的良好な2値画像が得られるものに主眼がおかれ、刻印文字のように単純な2値化では良質な2値画像が得られないものを対象とした方法ではない。一方、情景画像からの文字切出しは、車両番号認識<sup>(12),(13),(15)</sup>や種々の照明条件下における情景中の文字認識<sup>(14),(16),(17),(19)</sup>などに報告されている。その手法の多くは、2値化を工夫して文字線の情報をできるだけ正確に抽出した後、投影分布や連結領域などを手掛かりに文字を切り出す方法である。しかし、これらの手法はいずれも2値化後の画像について画素のつながりを検出するため、刻印文字のように文字線の濃度や幅が不均一であったり、コントラストの低い領域がある場合には、文字間の接触や1文字の分離を修正する煩雑な処理が必要となり、そのまま適用することは難しい。また、2値化せずに濃淡画像のまま文字を切り出す方法として、Region Growing<sup>(18)</sup>による領域分割を用いた方法<sup>(19)</sup>があるが、刻印文字のように文字背景の濃度が局所的に不均一なときは、正確に文字切出しができない場合が多い。

本章では、上述のように従来の方法では文字領域の抽出が容易でなかった刻印文字を正確に切り出す手法<sup>(23)</sup>を提案する。更に、切り出した個々の文字ごとに、識別のための適正な2値画像を得る方法も検討する。提案する手法は、2値化後に煩雑な処理を用いて文字間の接触や1文字の分離を修正しながら個々の文字を切り出すのではなく、濃淡画像のまま文字領域を抽出する方法である。まず、文字の並びに平行な方向および垂直な方向の行ごとに、濃度のばらつきの度合をヒストグラムとして表す。次に、ヒストグラムで極小となる行を文字線の存在しない行の候補とし、その候補行によって個々の文字を分離する。更に、候補となる行について、その前後の複数行における濃度のばらつきの度合を調べることでより正確に個々の文字領域を抽出する。但しここでの“行”とは、画像の水平走査方向または垂直走査方向に並んだ1画素幅の画素の連なりである。この方法により、個々の刻印文字を正確に切り出すことができるようになった。また、文字切出し後の2値化により識別に適した文字画像を得ることもでき、文字認識率を上げることができた。



### 3. 2 文字切出しの方法

#### 3. 2. 1 濃淡画像における特徴量を用いた文字切出しの原理

自動車の車台番号は、自動車の同一性を示すことを目的にその車台ごとに刻印される番号で、薄い鋼板に十数けたの英数字や記号が打刻される。これらの刻印文字は、打刻圧の変動により、打刻される文字ごとや打刻位置ごとに刻印溝の幅・深さが異なることが多い。更に、薄い鋼板では打刻時の刻印溝周辺の歪みは避けられず、刻印表面全体にわたって緩やかな凹凸が生じる。図3.1に、打刻圧などの変動によって刻印溝や刻印表面が変形した刻印文字の断面の様子を示す。図に示す打刻後の断面では、刻印溝の幅・深さがそれぞれ異なるばかりでなく、刻印表面が緩やかに変形し凹凸が生じている。

このような刻印文字に照明を当てて撮像すると、その濃淡画像では文字線および文字背景はそれぞれ均一な濃度とはならず、コントラストが低い領域も生じる。図3.2は、上述した刻印文字を撮像した画像の一例を示したもので、図3.2(a)、(b)、(c)はそれぞれ濃淡画像、濃淡画像の一断面における濃度、ならびに濃淡画像を固定しきい値によって2値化した画像を表している。図3.2(c)の2値画像では、文字ごとの線幅の変動が著しく、文字間の接触や文字線のとぎれ・つぶれが多く見られる。

文字切出しの方法として、2値化後に文字間の接触や文字線のとぎれ等を修正して個々の文字領域を抽出する手法が考えられるが、煩雑な処理が必要である。特に、文字間の接触と1文字の分離が混在した文字列から正確に文字を切り出すことは容易でない。

また、文字ピッチに基づく方法も考えられるが、自動車の車台番号では英数字の文字列の任意の位置に記号が用いられ、英数字と記号とのピッチと英数字間のピッチとは異なる場合が多いため、その適用は難しい。

そこで、このような刻印文字の文字列から正確に個々の文字を切り出すためには、濃淡画像から文字領域を抽出し、抽出した文字領域ごとに適正な2値化を行う方法

が有効であると考えられる。

刻印文字を撮像した濃淡画像において、文字の並びに平行な方向および垂直な方向の行ごとに濃度のばらつき度合（以下、ばらつき度と呼ぶ）を求めヒストグラムとして表すと、文字線の存在しない行のばらつき度は、文字線の存在する行のばらつき度に比べて小さい。提案した文字切出し法は、行ごとのばらつき度の違いによって個々の文字を分離する方法である。ばらつき度の定義は、後述の式(3.1)で示す。

図3.3に、本手法による文字領域抽出の原理を示す。図3.3(a)は刻印文字を撮像した画像の一部を示したもので、左側の破線の枠と右側の破線の枠はそれぞれ文字間の背景領域、および文字中で文字と背景との濃度差が小さな領域を表している。

図3.3(b)は、図3.3(a)で文字の並びに垂直な方向（縦方向）の行ごとにばらつき度を計算し、ヒストグラムとして表したものである。二つの破線枠はそれぞれ図3.3(a)の破線枠の領域に対応したばらつき度を示す。このヒストグラムにおいて、予め定めておいたしきい値以下で、ばらつき度が極小となる行を逐次検出する。それらの行は、文字間の背景に相当し、文字線を表す画素が存在しない行（以下、背景行と呼ぶ）の候補である。図3.3(b)にその行の位置を○印で示した。予め定めたしきい値は、文字線が存在する行のばらつき度に基づき事前に決めておく。

図3.3(c)は、背景行の候補の各々について、その行の前後の複数行におけるばらつき度を求め、その一部をヒストグラムとして表したものである。一つの文字のなかで文字と背景との濃度差が小さな行では、その行のばらつき度は低くなり背景行の候補となるが、その行を含む複数行でのばらつき度は高くなる。一方、真の背景行では、複数行でのばらつき度も高くない。そこで、この違いによって真の背景行か否かを区別し、正確に文字領域を抽出する。図3.3(c)の◎印は真の背景行の位置を示したものである。

上述したばらつき度は、以下に示す正規化したばらつき度  $d(p)$  ( $p$ は第  $p$  行目を表す) により計算する。各行におけるばらつき度  $D$  の最大値を  $D_{\max}$ 、各行の画素数を  $N$  個、第  $p$  行目の  $n$  画素目の濃度を  $g(p, n)$  とすると、

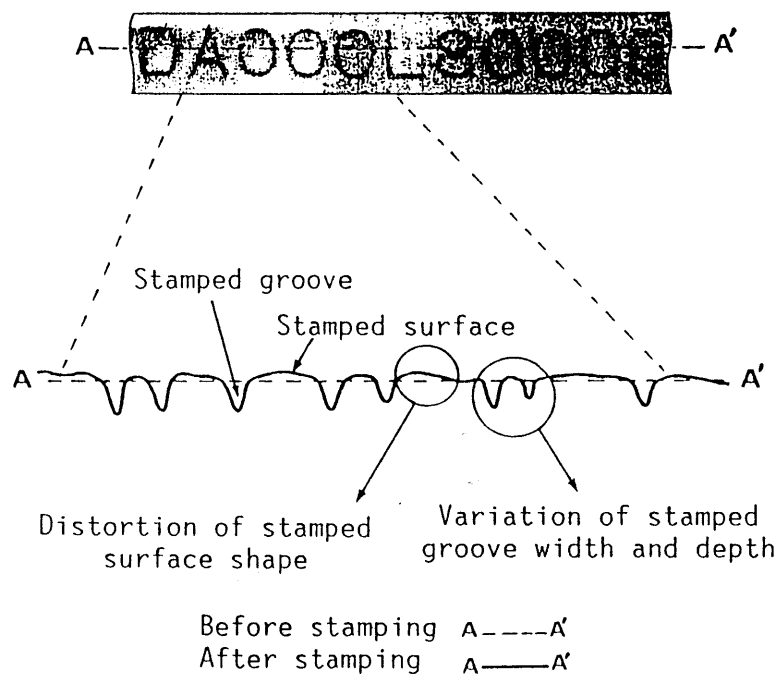


図 3 . 1 打刻圧変動に伴う刻印溝および刻印表面の変形

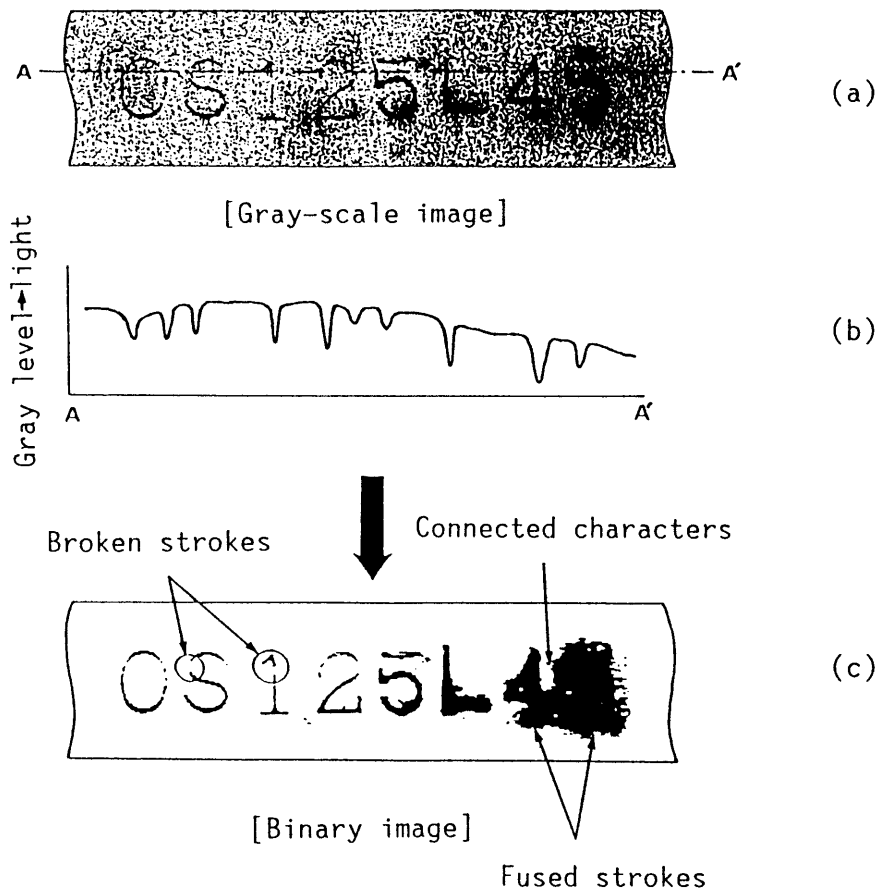


図 3.2 刻印文字の画像の一例

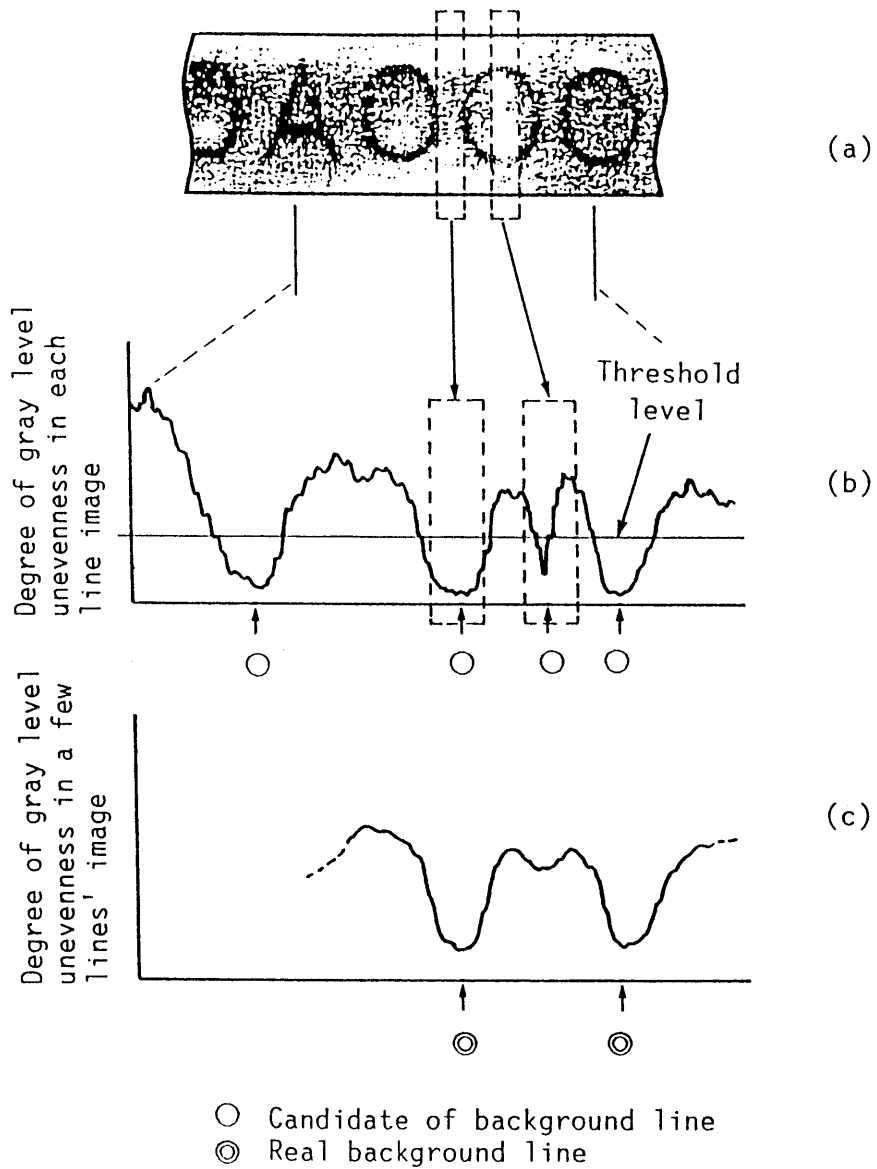


図 3.3 文字切出しの原理

$$d(p) \equiv \sum_{j=p-Q}^{p+Q} \sum_{n=1}^{N-M} \{g(j, n+M) - g(j, n)\}^2 / D_{\max} \quad (3.1)$$

ここで、 $Q$ の値は注目する第 $p$ 行目のばらつき度を求めるときは0、第 $p$ 行目を含む複数行のばらつき度を求めるときは1以上の整数値とする。 $Q$ の値の上限は、文字ピッチと文字幅により決まる文字間の背景行数の最小値以下の値とする。また、定数 $M$ は、刻印文字の線幅や文字サイズ、文字ピッチなどにより適宜変更する値であるが、通常1から3程度の整数値を用いることが多い。

図3.3では、文字列領域を抽出した後の画像に対して、文字の並びに垂直な方向のばらつき度から個々の文字を分離する場合を示したが、全体の領域から文字列領域を抽出する場合には、文字の並びに平行な方向に同様の処理を行う。

個々の文字領域を抽出した後は、文字ごとに個別に2値化を行う。刻印文字の識別では、一般に文字画像の局所的な変動や雑音に強い重ね合わせ法を用いることが多い<sup>(1)~(6)</sup>。そこで2値化では、文字線が途切れずに抽出されること、文字背景に雑音が残らないことに加えて、文字線幅が標準の文字パターンと同程度になることが重要である。本手法の2値化では、ラベリング処理によって文字線の途切れや背景雑音の有無を調べるとともに、平均文字線幅に相当する値<sup>(20)</sup>を求めることによって文字線幅を所定の値にすること(文字線幅の正規化という)も考慮している。

図3.4に、この2値化の原理を具体的な例(字種" L ")によって示す。まず、文字切出しによって抽出した文字" L "の濃淡画像を判別しきい値選定法<sup>(21)</sup>で2値化し、ラベリング処理を施す。図3.4(a)では、面積の大きな順に、1~3のラベル(Label-1~Label-3)と呼ぶことにする。次に、面積最大のラベル1の幅・高さを標準の文字サイズと比較する。更に、面積最大のラベル1を面積第2位のラベル2と比較する。面積最大のラベル1が標準の幅・高さであり面積第2位のラベル2に比べて十分大きい場合に、このラベル1を文字線として残し、他のラベル2、3を背景雑音として除去する。図3.4(a)では、ラベル1はこの条件に合わないため、しきい値を変更して再び2値化、ラベリングを行う。図3.4(b)はその結果で、面積の大きな順に1~3のラベルと呼ぶ。図3.4(b)では、面積最大のラベル1は上

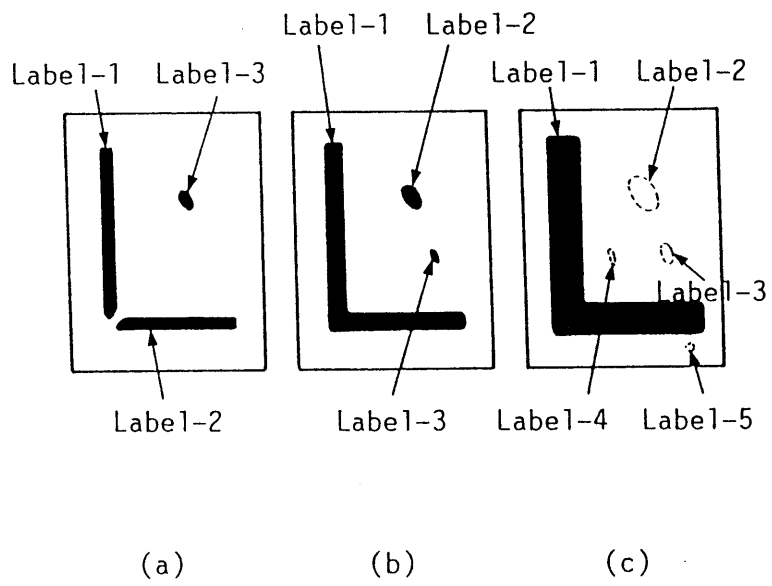


図 3.4 個別2値化の原理

記の文字線の条件を満足する。そこで次に、ラベル1の平均文字線幅<sup>(20)</sup>を計算し、その値が所定の線幅か否かを判定する。所定の線幅であれば、他のラベル2, 3を背景雑音として除く。図3.4(b)ではラベル1の線幅はやや細いため、再びしきい値を変えて2値化とラベリングを繰り返す。図3.4(c)はその結果で、面積の大きな順に1~5のラベルと呼ぶ。図3.4(c)では、ラベル1は標準の幅・高さであり文字線幅も所定の値であるため、ラベル2~5(破線)を背景雑音として除去し、適正な2値画像を得ることができる。以上のように文字領域ごとに、最適な2値化を行い、識別に適した画像とする。

### 3. 2. 2 文字切出しおよび2値化の基本的な流れ

図3.5は、3.2.1項の原理に基づく文字切出しおよび2値化の基本的な処理の流れを示したもので、提案した方法は破線の部分である。まず、入力された濃淡画像に局所最大値フィルタと局所最小値フィルタ(以下、局所フィルタと略す)を施し原画像との差分をとる処理<sup>(15)</sup>によって背景領域の濃度むらを緩和する。次に、提案したばらつき度によって領域全体から文字列領域を抽出する。同様に、ばらつき度を用いた処理により、文字列から個々の文字を切り出す。文字列および個々の文字の切出しでは、既知の文字サイズのデータにより文字列や文字の幅・高さの確認も行う。その後、抽出した個々の文字領域ごとに判別しきい値選定法で決定した値で2値化を行う。その2値画像において、ラベリング処理および平均文字線幅の計算を行い、その結果から文字線の良否を判定する。再び2値化する必要があるときは、しきい値を所定の値だけ変更後、切り出した各文字の濃淡画像を再2値化して適正な2値画像を得る。この再2値化は、規定回数の範囲内で逐次しきい値を変え、良好な文字線が得られるまで繰り返し行う。

## 3. 3 自動車車台番号認識装置

### 3. 3. 1 装置構成

本手法と従来<sup>(5)</sup>の認識手法に基づく自動車車体の車台番号認識システムを試作・



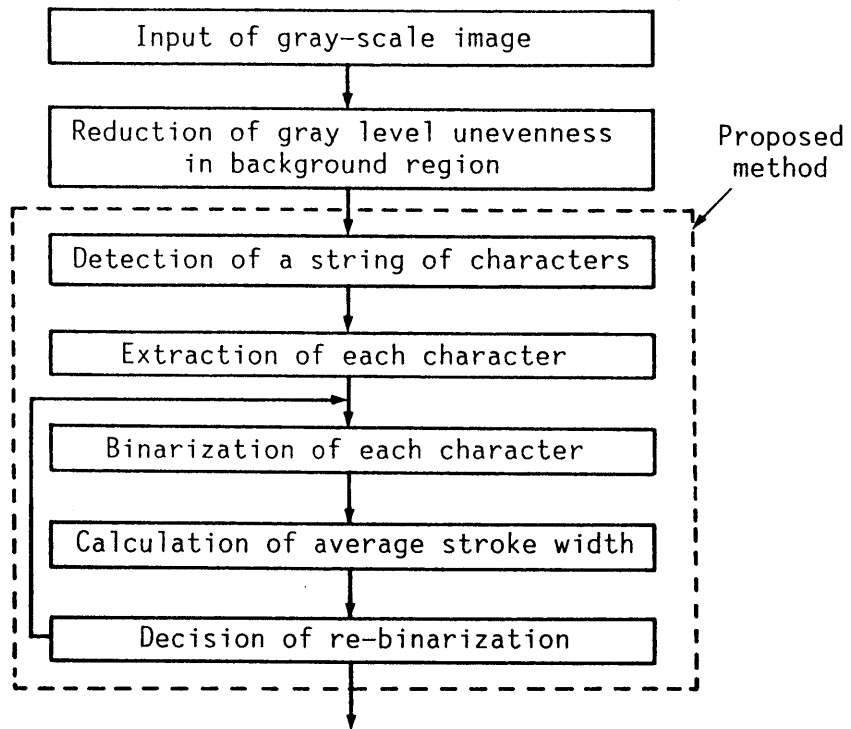


図 3.5 文字切出しおよび2値化の基本的な処理の流れ

開発した。車台番号の刻印文字は、図3.6に示すように自動車の車体を構成する薄い鋼板（厚さ0.5mm程度）に打刻される。刻印文字の大きさは6mm(W)×8mm(H)で、鋼板には油などが付着している場合もある。認識すべき文字の種類は、英数字15字種（英文字5種類、数字10種類）で、打刻された11けたをすべて認識する。

図3.7に、認識システムの構成を示す。図の破線はシステムの画像処理部を表している。刻印文字は、予め決められた位置でテレビカメラから、1文字あたり30画素×40画素の大きさで画像入力される。光源には高周波蛍光灯を用い、刻印溝部が暗く刻印表面が明るくなるよう明視野照明を使用している。画像の前処理を高速に行うため、局所最大値／最小値フィルタリング、濃度ヒストグラム作成、2値化およびラベリングは開発した専用ハードウェアを用いている。

### 3. 3. 2 認識処理の流れ

図3.8は、認識システムによる処理の流れを示したものである。図の破線は提案した文字切出しと2値化処理である。まず、濃淡画像を入力し、局所フィルタにより背景の濃度むらを緩和する。次に、ばらつき度に基づき個々の文字を切り出した後、文字ごとに最適な2値化を行う。その後、文字の外接方形の中心を基準の位置に合わせて文字位置を正規化し、標準文字パターンとのマッチングによって一致の度合を計算して文字を判定する。

標準文字パターンには、文字線幅の変動に対して安定な文字の骨格部分と類似文字用の背景部分から成るパターン<sup>(5)</sup>を用いている。更にマッチングの際、文字パターンをずらしながら標準文字パターンと比較することにより位置ずれの影響を緩和している。

## 3. 4 文字切出し率改善に関する実験

### 3. 4. 1 実験方法

図3.6に示す車体に打刻された車台番号の刻印文字を対象として次の二つの方法で実験を行った。最初の実験は、提案した濃淡画像からの文字切出しと従来の2値

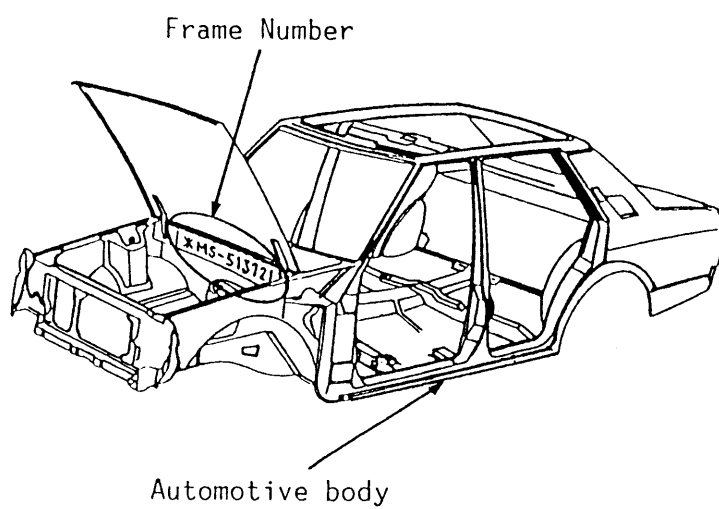


図 3.6 自動車車体に打刻された車台番号

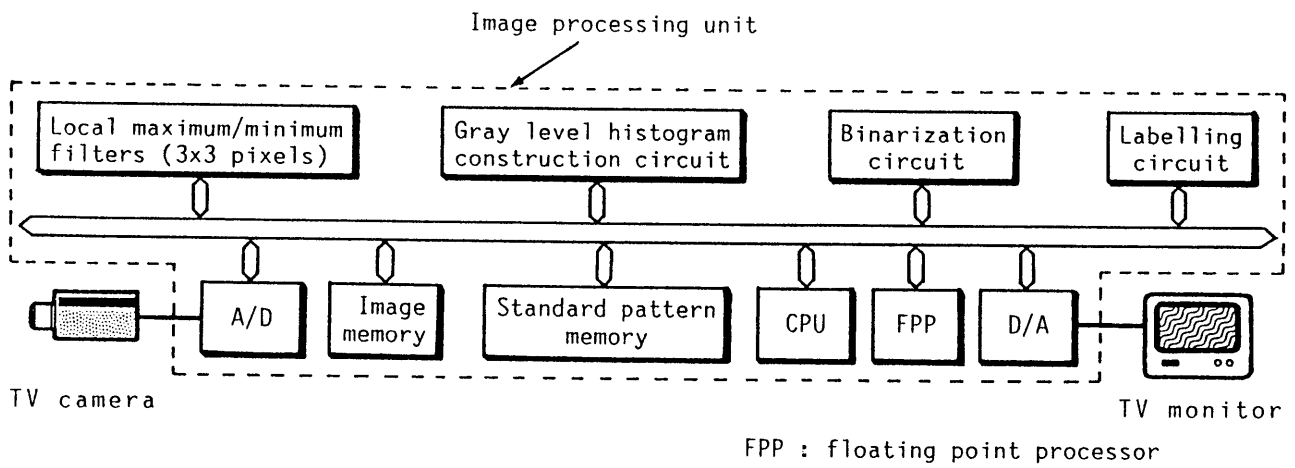


図 3.7 認識システムの構成

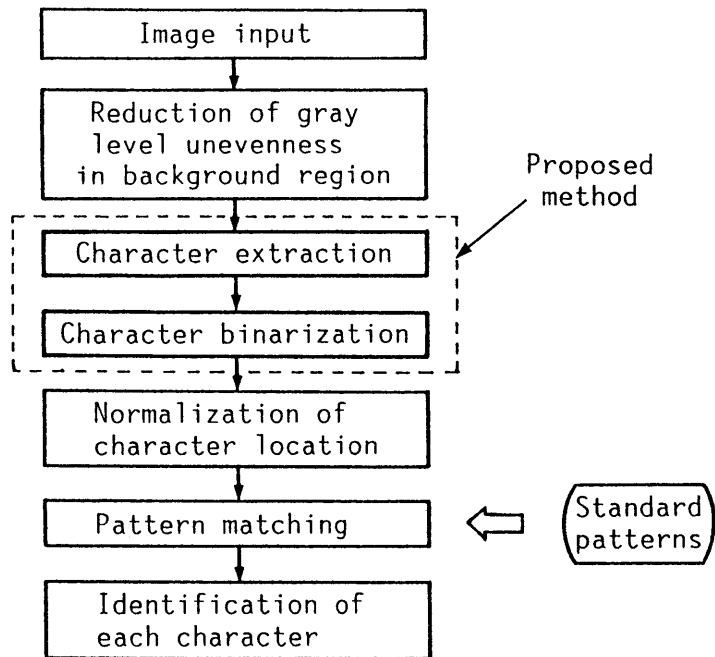


図 3.8 認識システムの処理の流れ

化後の文字切出しとを比較した実験である。2番目の実験は、文字切出し後の最適な個別2値化と従来の2値化とを比較した実験である。

#### (1) 文字切出しに関する実験

車台番号に使用される英数字36字種および記号2種(“-”, “\*”)の刻印文字を任意に選び、実際に打刻される車体と同一の薄い銅板に打刻圧を少しずつ変えながら11けたずつ刻印した1,000個のサンプル(11,000文字)を作成し、これを実験サンプルとした。これらのサンプルでは、英数字の文字列の任意の位置に記号を挿入し、英数字と記号とのピッチと英数字間のピッチとを逐次変えた。ただし、文字サイズ、文字の並びの方向、文字の向きおよび文字間の最小ピッチは既知とする。

このように作成した1,000個のサンプルを用いて、

① 提案した図3.5の処理の流れのうち個別文字切出しまでを用いた場合

② 従来の情景画像からの文字切出し法のなかで、車台番号のように文字が存在する面の姿勢や形状に起因する歪を受けた文字を対象とする代表的な手法として、局所フィルタを用いた2値化ののち文字切出しを行う方法<sup>(15)</sup>による場合の二つについて、文字切出し率を比較した。本手法では、式(3.1)の定数を $Q = 2$ (複数行でのばらつき度を求める場合)、 $M = 2$ とした。また、①、②の局所フィルタの回数は、文字線幅の最大値より局所最大値フィルタを4回、局所最小値フィルタを4回とした。

#### (2) 2値化に関する実験

図3.6に示す実際の車体に用いられている刻印文字(現在、英数字15字種および記号2種)を、記号を除く字種あたり100個ずつ、15字種取り合わせて1,500個抽出して実験サンプルとした。このとき、11けたの車台番号の各打刻位置から偏らずに抽出した。これとは別な車体から15字種それぞれ10個ずつの文字を学習サンプルとして選び標準の文字パターンを作成した。この実験サンプルおよび学習サンプル中には、打刻圧の変動や打刻される位置の違いにより文字線幅が異なる種々の文字が含まれている。また、15字種のなかには、“0”と“C”、“8”と“B”のように字形が似通った字種もある。このように選んだ1,500個のサンプルについて、

① 図3.5の処理の流れで、個別2値化以降の処理と複合類似度法<sup>(22)</sup>の組合せ

② 従来の代表的な2値化法である判別しきい値選定法と複合類似度法の組合せの二つの方法について、文字判定としてリジェクトを許さず正読か誤読かのどちらかとする識別を行った場合の正読数と誤読数を測定した。複合類似度法の標準文字パターンは、基本となるものと、それを上・下と左・右に1画素ずつずらせて位置ずれを生じさせたもので構成した<sup>(4)</sup>。

### 3. 4. 2 実験結果

図3.9に、文字切出しに関する実験の結果を示す。この図は、11けたの刻印文字の打刻位置ごとに両手法による文字切出し率を求め比較したものである。従来の手法では両端のコントラストの低い文字が切り出せない場合が多数(11,000文字の全サンプル中372文字)あり、切出し率は96.6%となった。これに対し、本手法では両端の文字合計12文字を除きすべての文字を切り出すことができ、切出し率は99.9%であった。車台番号において、刻印文字のけた数は長い場合が多いため、本手法により両端の文字を正確に切り出すことは重要である。

図3.10に、本手法によって切り出されなかった12文字のサンプル例を示す。この例は、文字間の背景部分に油が付着し汚れたため文字が接触してうまく切り出せなかったものである。しかし、この文字切出し率は十分実用可能な値であると考えられる。

表3.1に、2値化に関する実験による文字識別率の比較結果を示す。表に示すように、判別しきい値選定法と複合類似度法の組合せでは誤読数104個、識別率93.1%であったものが、本2値化と複合類似度法の組合せでは誤読数7個、識別率99.5%と大幅に改善された。この7個の誤読はいずれも類似文字"8"と"B"で、油の付着により2値化後の文字がつぶれたためであり、実際には判定条件にリジェクトを設けることにより誤読を避けることができるため実用上問題ないと考えられる。

以上二つの実験により、筆者らの提案した手法は、車台番号の刻印文字の切出し率および認識率向上にとって有効な方法であることが検証された。

表3.2に本手法を用いた認識システムの性能を示す。認識時間は4.5秒で目標の5秒以内を満足した。27,400個のサンプル(301,400文字)の認識率は99.94%で、目

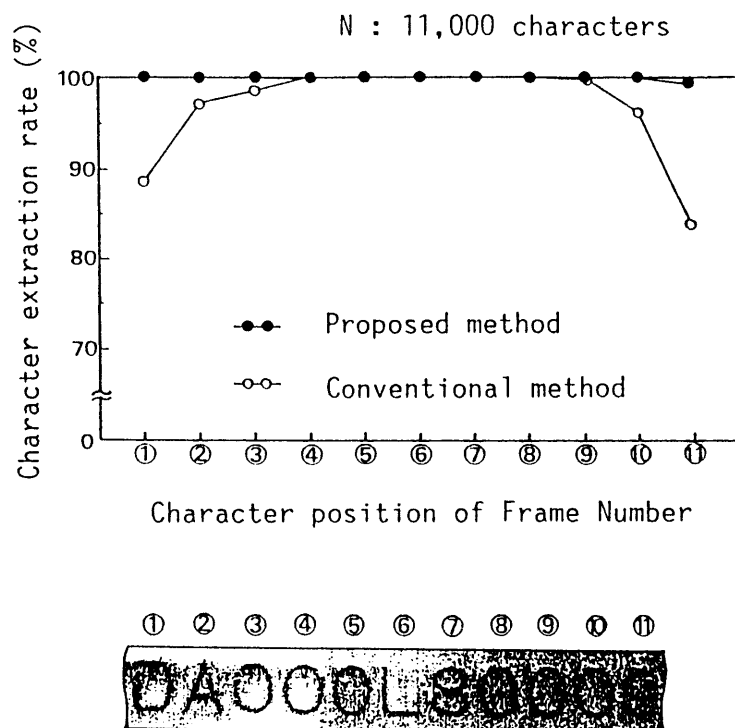


図 3.9 本方法と従来法との文字切出し率の比較





図 3.10 誤切出しの一例 (2 値画像)

表 3.1 識別率の比較結果

Result \ Method	Otsu's method + Multiple similarity method	Proposed thresholding + Multiple similarity method
Correct recognition	1396	1493
Misrecognition	104	7
Recognition rate	93.1 %	99.5 %

表 3.2 認識システムの性能

Object	Stamped character for Frame Number on automotive body
Category of characters	15 kinds of alphanumerals
Number of characters	11 digits
Recognition time	4.5 sec. (design goal: less than 5.0 sec.)
Recognition rate	99.94 percent (design goal: more than 99.9 percent)
Time for standard pattern construction	3 min. for 15 kinds of standard characters, with 10 samples for each character

標とする99.9%以上を達成した。また標準文字パターンの作成は、一つの字種あたり10個ずつの文字サンプルを用い15字種すべて作成する場合約3分で完了し、現場での字種の追加・変更にも迅速に対応することができる。これらの性能は、生産工程での実用装置の性能としてはいずれも十分な値である。

### 3. 5 む す び

本章では、刻印文字の文字切出し方式について検討し、打刻による変形によって文字線や文字背景の濃度が部分的に不均一になった画像から個々の文字を正確に切り出す方法を提案した。

提案した方法は、2値化後煩雑な処理を用いて文字間の接触や1文字の分離を修正しながら文字を切り出すのではなく、濃淡画像のまま、ばらつき度によって文字領域を抽出する方法である。

この手法による実験の結果、英数字36字種・記号2種の刻印文字11,000文字を用いた文字切出し率は、従来の局所フィルタによる2値化後文字を切り出す方法(96.6%)に比べ高い値(99.9%)を示した。また、文字切出し後の英数字15字種・1,500個の文字サンプルについての認識率調査では、従来の代表的な2値化法である判別しきい値選定法を使用した場合(識別率93.1%)より高い値(識別率99.5%)となり、この手法の有効性が確認された。

< 文 南大 >

- (1) 新田, 本郷: “刻印文字チェッカ”, テレビ学技報, I P A 5 8 - 2, pp.31-36 (昭57-08) .
- (2) Y.Hongo and A.Komuro : “Stamped Character Inspection Apparatus based on The Bit Matrix Method”, Proc. of the 6th Int. Conf. on Pattern Recognition, pp.448-450 (1982).
- (3) Y.Nakamura, M.Suda, K.Sakai, Y.Takeda and M.Udaka : “Development of a High-Performance Stamped Character Reader”, IEEE Trans. Ind. Electron., IE-33 , 2 , pp.144-147 (1986).
- (4) 中村, 須田, 林: “工業応用文字読取装置 ( T O S E Y E - 1 0 0 0 ) ”, 信学技報, P R U 8 6 - 7 9, pp.69-74 (昭61) .
- (5) 山本, 中野, 武田, 加瀬: “自動車車体パネルに打刻された刻印文字認識装置”, 昭62信学総全大, S 1 2 - 9 .
- (6) 中野, 武田, 山本: “塗装面を背景とした刻印文字の認識方式”, 信学論 ( D ), J 7 1 - D, 6, pp.1057-1064 (昭63-06) .
- (7) 中村, 岡本, 庭田, 南: “欧文テキスト画像における文字領域の抽出アルゴリズム”, 信学論 ( D ), J 6 6 - D, 4, pp.437-444 (昭58-04) .
- (8) 豊田, 野口, 西村: “日本語印刷文書における文字切り出し — 新聞自動読み取りへの応用 —”, 情処論, 2 4, 4, pp.481-487 (昭58-07) .
- (9) 秋山, 内藤, 増田: “非接触文字優先切出しによる印刷物からの文字切出し法”, 信学論 ( D ), J 6 7 - D, 1 0, pp.1194-1201 (昭59-10) .
- (10) 馬場口, 塚本, 相原: “手書き日本文字列からの文字切り出しの基礎的考察”, 信学論 ( D ), J 6 8 - D, 1 2, pp.2123-2131 (昭60-12) .
- (11) 辻, 浅井: “分散最小基準に基づく適応型文字分離方式”, 信学論 ( D ), J 6 8 - D, 8, pp.1497-1504 (昭60-08) .
- (12) 安居院, 崔, 中嶋: “リアビューからの車両番号抽出法”, 昭60情報

- システム部門信学全大, 115.
- (13) 加藤: “車番自動読取装置における文字領域抽出法”, 昭61信学総全大, 1352.
- (14) 星野(弘), 星野(吉): “複雑背景からの特定文字領域の抽出法”, 昭58信学総全大, 1152.
- (15) M.Takato, M.Kanasaki, T.Mishima, T.Shibata and H.Ota: “Gray scale image processing technology applied to vehicle license number recognition system”, Proc. Int. Workshop on Industrial Applications of Machine Vision and Machine Intelligence, pp.76-79 (Feb.1987).
- (16) 塩: “情景中文字の検出のための動的2値化処理法”, 信学論(D), J71-D, 5, pp.863-873(昭63-05).
- (17) 大谷, 塩: “情景画像からの文字パターン抽出と認識”, 信学論(D), J71-D, 6, pp.1037-1047(昭63-06).
- (18) S.W.Zucker: “Region Growing: Childhood and Adolescence”, Computer Graphics and Image Processing, 5, 3, pp.382-399(1976).
- (19) 船越, 美濃, 坂井: “情景画像中の文字抽出の検討”, 昭62信学総全大, 1503.
- (20) 中野, 小関, 山本: “低品質刻印文字認識のための最適2値化法”, 信学論(D), J69-D, 6, pp.958-966(昭61-06).
- (21) 大津: “判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 信学論(D), J63-D, 4, pp.349-356(昭55-04).
- (22) 飯島: “パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察”, 信学論(D), 55-D, 8, pp.507-514(昭47-08).
- (23) 中野, 山本: “刻印文字認識のための文字切出し方式”, 信学論(D), J72-D-II, 9, pp.1407-1414(平01-09).

## 第 4 章 鋼板上の刻印文字の認識

### 4.1 ま え が き

本章では、工業用文字のうち、鋼板上に打刻された刻印文字の識別方法とその有効性を論ずる。

刻印文字は、印刷文字<sup>(1)・(2)</sup>のように字形や文字品質が国内的にも国際的にも規格化されておらず、刻印品質は統一されていない。また、スクリーン印刷文字やレーザーマーキング文字などの他の工業用文字に比べて、文字品質が良好でないという問題がある。それは、一つには刻印機における打刻圧の制御が難しく、鋼板の同じ位置でも打刻のたびに刻印溝の幅や深さが変動するためであり、また一つには自動車の車体パネルのような細長い薄肉の鋼板に十数けたの文字が打刻されると、パネルの両端部と中央部とで打刻圧が異なったり、一文字の中で各文字線にかかる打刻圧が異なり、刻印溝の幅や深さが変動するためである。このような刻印文字を撮像した画像では、背景の濃度のばらつき度合は低いが文字線の濃度のばらつき度合は高く、文字のコントラストが低いため、2値化後の文字線幅は変動し易い。そこで、刻印文字を認識するためには、文字線幅が変動しても同一字種と他字種とを安定に識別する手法が必要である。

従来、文字線幅の変動の影響を受けにくい認識方法として、文字の構造情報を種々の特徴として抽出する構造解析法が知られている。この方法には、文字パターンを細線化して特徴を抽出する方法<sup>(3)・(4)</sup>、細線化しないで特徴を抽出する方法<sup>(5)・(6)</sup>など多くの手法があるが、いずれも一般に局所的な雑音や歪みには弱いため刻印文字の認識には適していない。

刻印文字を撮像した画像は局所的な雑音や歪みが多いため、刻印文字の認識にはこれらの変動に強い重ね合わせ法が適している。これまで、打刻圧の変動が少ない小型部品の刻印文字認識は、重ね合わせ法を用いて行われてきた<sup>(7)~(12)</sup>。しかし、鋼板上に打たれた打刻圧変動の大きな刻印文字の認識に関する報告はなされてい

い。

本郷ら<sup>(7)・(8)</sup>の手法は、刻印文字が打刻される物体の表面性状に適した複数の固定2値化しきい値を用い、独自のビットマトリクス法で認識を行う方法である。しかし、この方法はレーザマーキング文字のように比較的文字品質の良好なものには適用できるが、文字線幅が変動する刻印文字には適用できない。中村ら<sup>(9)~(12)</sup>は、複合類似度法<sup>(13)</sup>によって文字品質のやや劣る刻印文字も認識している。この手法は、刻印文字の品質の程度に合わせた複数の標準パターンを用意し、これとのマッチングにより類似度を求め認識するものである。しかし、この方法では文字線幅の変動に合わせて逐次標準パターンを増やす必要があり、標準パターンが多数になるため実用的ではない。

第2章では、前処理である2値化を最適に行うことによって文字線幅の変動を少なくする方法を提案したが、これは文字線幅全体が一様に変動する場合に限られ、一文字の中で文字線がそれぞれ異なる場合には適用できない。

そこで本章では、従来の手法では識別が容易でなかった文字線幅変動の多い刻印文字を安定に識別する方法<sup>(16)・(17)</sup>を提案する。更に、字種の追加・変更を迅速に行うため、標準パターンを短時間に自動作成する方法も示す。提案する識別方法は、文字線幅の変動を緩和して安定に文字を識別するため、文字の骨格に相当する細線化されたパターンを主たる標準パターンとし、このパターンをずらしながら入力パターンと比較する方法である。更に、類似文字を安定に識別するため、類似字種との違いが大きい部分から抽出した小領域のパターンを設け、そのパターンを上記標準パターンに加えて文字認識を行う。この識別方法は比較的簡便で、標準パターンの自動作成も容易である。また、一字種につき一つの標準パターンであるため、標準パターンの容量は少なくすむという利点がある。

この方法により、文字線幅が変動する刻印文字を安定に識別できるようになった。また、標準パターンを短時間で自動作成することもできるようになり、生産工程における車体の刻印文字認識が可能になった。

#### 4.2 鋼板上の刻印文字の識別方法



#### 4.2.1 文字の骨格線を用いた文字識別の原理

自動車の車体パネルのように細長い薄肉の鋼板に刻印文字を十数けた打刻するとき、刻印機の打刻圧をすべての文字について常に一定になるように制御することは容易でないため、刻印溝の幅や深さは同じ位置の文字でも打刻のたびに変動し、また打刻される位置によっても変化する。詳細にみると、一文字の中でも刻印溝の幅や深さが異なる場合が多い。

図4.1は、刻印機の打刻圧の変化による文字線幅の違いを示したものである。打刻圧の微妙な変動により、同図(a)のように打刻圧が強い場合は刻印溝が深く文字線幅が太くなり、同図(b)のように打刻圧が弱い場合には刻印溝が浅く文字線幅が細くなる。図4.2は、打刻される文字位置による文字線幅の違いを示したものである。十数けたの文字の両端では中央部に比べて一文字の中の各文字線にかかる打刻圧が不均一になることが多いため、同図(a)のように文字の左側の打刻圧が強い場合には左側の文字線が太くなり、同図(b)のように文字の右側の打刻圧が強いと右側の文字線が太くなる。しかも、文字の中で打刻圧が強くかかる部分は打刻のたびに異なるため、文字線幅の偏りは文字のさまざまな部分に現れる。図4.3は、このように打刻される文字ごとや打刻位置ごとに文字線幅が変動した刻印文字の2値画像の一例である。文字を構成する各方向の文字線の幅は、文字ごとに均等に太くなったり細くなったりするばかりでなく、一文字の中でも異なる場合が見られる。そこで、文字線幅に変動のある刻印文字を安定に識別するには、文字線幅の変化に影響を受けにくいパターンとして文字の骨格を用いる方法が有効であると考えられる。

また、車体パネルの刻印文字は多種類の車体番号を表すため、自動車の車種に応じて種々の英数字が使用され、そのなかには"8"と"B"、"5"と"S"、"0"と"D"など似通った字形の類似字種がある。このような類似文字は文字の骨格に相当するパターンだけでは正確に識別できないことが多く、類似文字を考慮した識別手法が不可欠である。従って、類似した字種を含む場合には、文字の背景領域から抽出した類似文字と差異のある小領域のパターンも合わせて用いることがよい。

図4.4は、文字線幅の変動があり更に類似字種を含む刻印文字の識別の原理を示

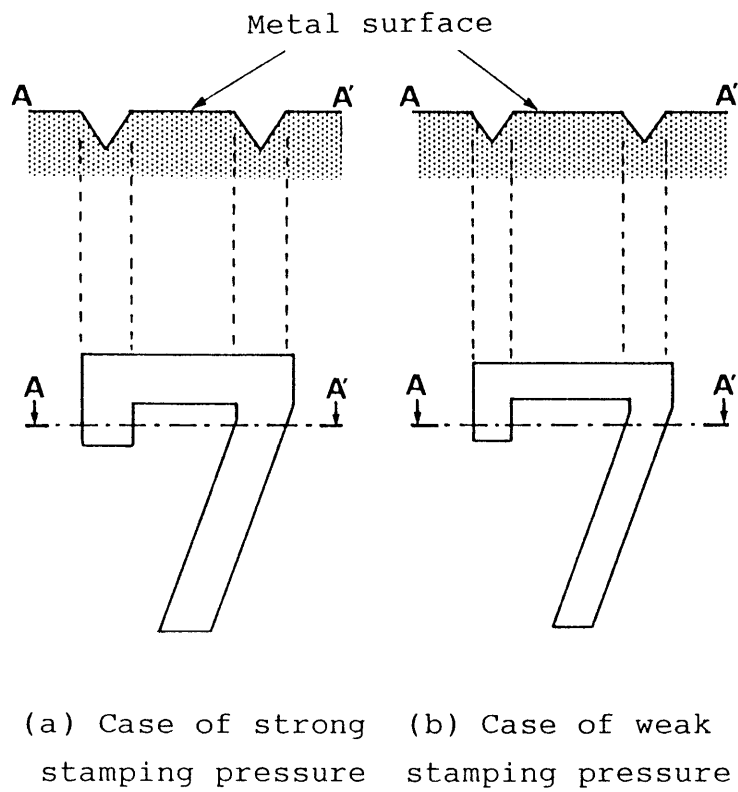
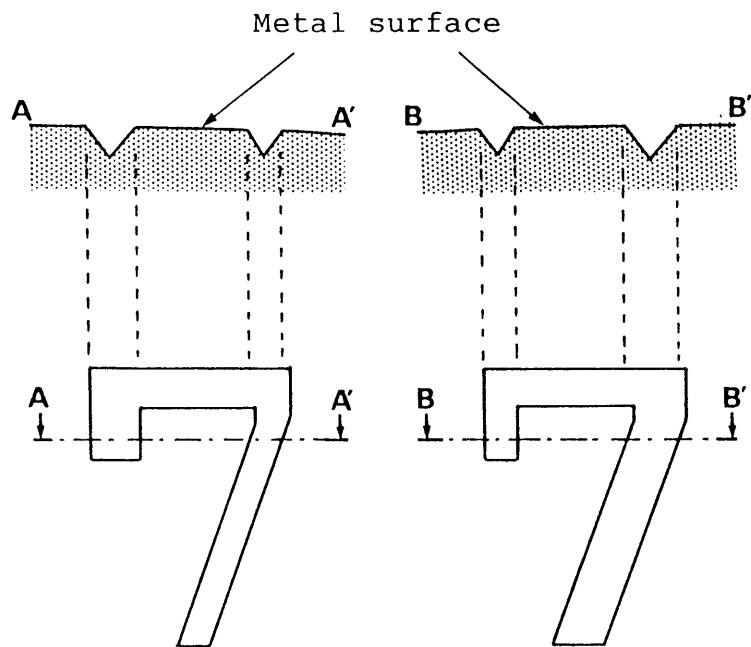


図 4.1 打刻圧の変化による文字線幅の違い



(a) Stronger stamping of left hand groove    (b) Stronger stamping of right hand groove

図 4.2 打刻される文字位置による文字線幅の違い

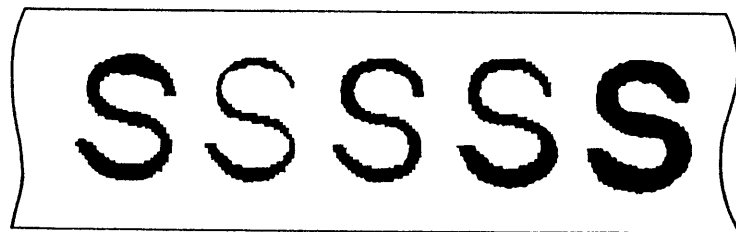


図 4.3 鋼板上に打刻された刻印文字の2値画像の一例

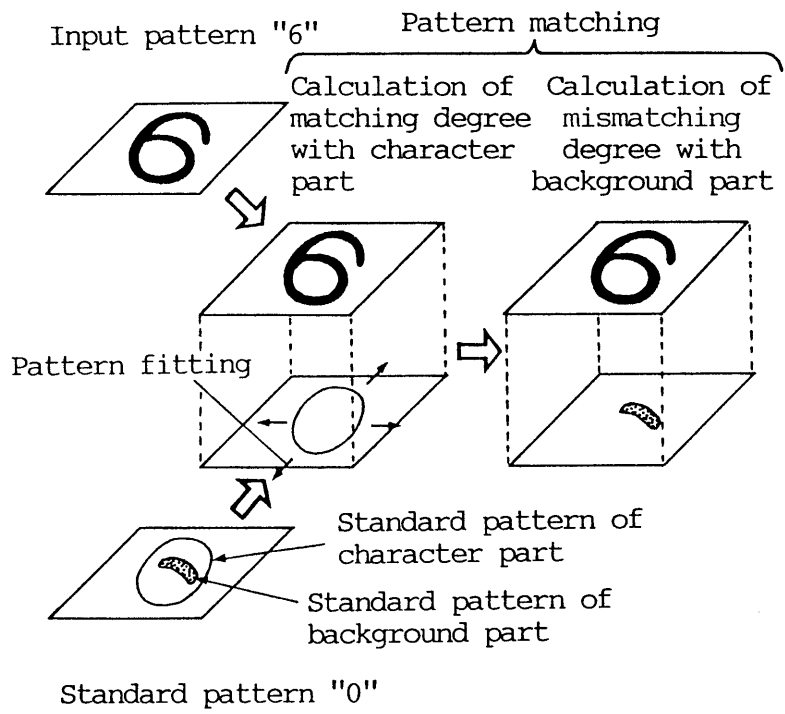


図 4.4 文字の骨格線を用いた文字識別の原理

したものである。同図は入力パターン"6"を標準パターン"0"と重ね合わせる場合を示している。標準パターン"0"は二種類のパターンから成っている。一つは文字の骨格にあたる細線化されたパターン（文字部標準パターンと呼ぶ）で、標準パターンの図のうち線で表したものである。他の一つは類似文字を識別するため文字の背景部分から抽出した小領域のパターン（背景部標準パターンと呼ぶ）で、標準パターンの図のうちドット領域で表したものである。入力パターン"6"を標準パターン"0"と重ね合わせる場合には、二種類の標準パターンを別々に重ね合わせる。まず、文字位置の正規化を行った入力パターンと文字部標準パターンとを重ね合わせる。このとき、正規化した基準位置のほか文字部標準パターンを上・下・左・右の4方向にずらした位置でもそれぞれ重ね合わせ、合計5回の重ね合わせのなかで最もよく重なり合う位置における一致の度合（以下、一致度と呼ぶ）を調べる。次に、入力パターンを背景部標準パターンと重ね合わせ、不一致となる度合（以下、不一致と呼ぶ）を調べる。文字部標準パターンとの一致度と背景部標準パターンとの不一致度とを組み合わせて求めた値を総合一一致度とし、この総合一一致度によって文字識別を行う。

#### 4.2.2 鋼板上の刻印文字認識の基本的な流れ

図4.5は4.2.1の原理に基づいた刻印文字認識の基本的な処理の流れを示したものである。同図の破線内のパターンマッチングは本識別方法を具体化した処理を表している。入力した画像を判別しきい値選定法<sup>(14)</sup>で決定した値で2値化し、投影法<sup>(15)</sup>とラベリングの組合せにより文字検出と切出しを行う。個々の文字について文字位置を正規化した後、標準パターンとのマッチングを行う。文字部標準パターンとの一致度と背景部標準パターンとの不一致度をそれぞれ計算したのち総合一一致度を求める。ここで文字部標準パターンとの一致度は、正規化した基準位置での一致度と文字部標準パターンを上・下・左・右の4方向にずらした位置での一致度のうち最大値を用いる。文字判定では、この総合一一致度が最も大きくなる字種を第1候補とし、第1候補が判定基準を満たす場合に、その字種を識別結果とする。

この方法では2値化後にランレングス符号化を行う。ランレングス符号化とは、

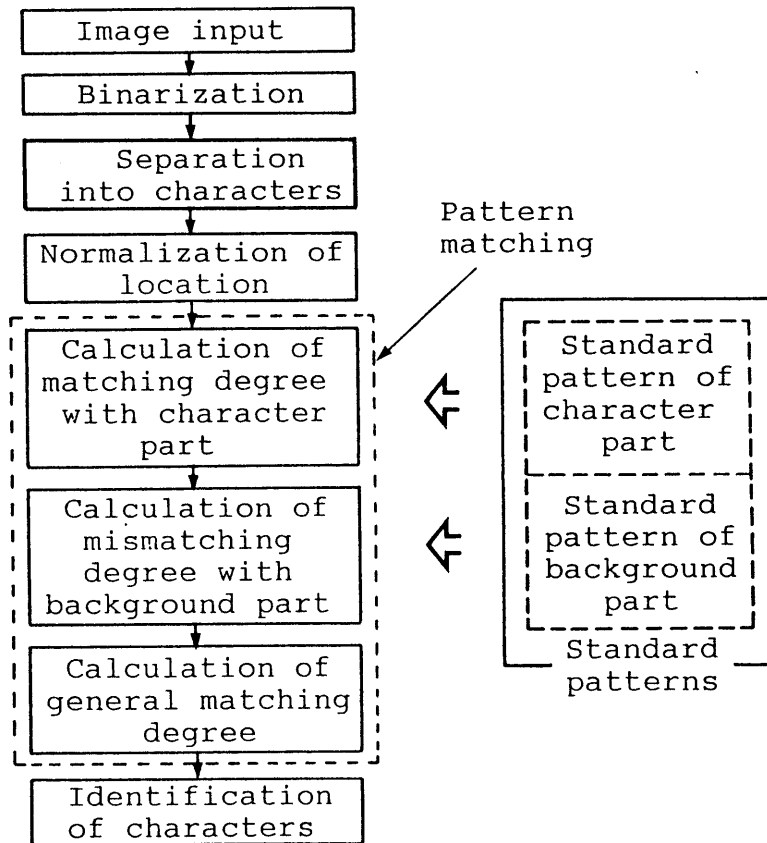


図 4.5 鋼板上の刻印文字認識の基本的な流れ

2値画像の行ごとに水平走査方向の黒画素（または白画素）の連なり（ラン）を調べ、ひとまとまりのランのデータをその位置と長さに変換して格納しておく符号化処理のことである。この符号化したデータを用いると2値画像における複数の画素を同時に転送することができるため、画素ごとに処理する場合に比べて大幅に処理時間を短縮することができる。2値化後の処理のうち、ラベリングとパターンマッチングはこのランレングス符号化したデータを用いて高速に行う。

総合一致度は以下に示す式によって計算する。入力パターンの座標 $(i, j)$ における値を $X(i, j)$ 、標準パターン $k$  ( $k=1, 2, \dots, K$ )の座標 $(i, j)$ に対応する文字部標準パターンの値を $C_k(i, j)$ 、文字部標準パターンの画素数を $M_k$ 個、座標 $(i, j)$ に対応する背景部標準パターンの値を $B_k(i, j)$ 、背景部標準パターンの画素数を $N_k$ 個、背景部標準パターンの文字部標準パターンに対する一画素の重みを $\lambda_k$ としたとき、入力パターンと文字部標準パターンとの最大一致画素数 $Y_k$ および入力パターンと背景部標準パターンとの不一致画素数 $Z_k$ をそれぞれ、

$$Y_k = \max \left\{ \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot C_k(i, j), \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot C_k(i, j-1), \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot C_k(i, j+1), \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot C_k(i-1, j), \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot C_k(i+1, j) \right\} \quad (4.1)$$

$$Z_k = \sum_i \sum_j X(i, j) \cdot B_k(i, j) \quad (4.2)$$

によって計算し、各字種に対する総合一致度 $S_k$ を、

$$S_k \equiv \frac{Y_k + \lambda_k \cdot (N_k - Z_k)}{M_k + \lambda_k \cdot N_k} \quad (4.3)$$

と定義する。ただし、 $X(i, j)$ の値は文字部で1、背景部で0であり、 $C_k(i, j)$ と $B_k(i, j)$ の値は標準パターンの存在する座標では1、その他は0とする。また、背



景部標準パターンは文字部標準パターンに比べて一画素の重みを大きくするため、 $\lambda_k$ は1以上の整数値とする。

#### 4.2.3 文字の骨格線の特徴とした標準パターンの自動作成

標準パターンを人間の判断によって作成すると長時間かかり、また適切なパターンを得ることが難しい。省人化と迅速な字種の追加や変更に対応するため、標準パターンの自動作成法も提案した。

図4.6に標準パターン自動作成の流れを示す。これは、字種ごとに文字線幅の異なる複数の文字サンプルを収集した後、これらの文字サンプルを用いて自動的に標準パターンの作成・登録を行うものである。

まず、それぞれの字種について文字サンプルを画像入力し、文字の位置を正規化したパターンを作成する。これらのパターンはそれぞれ文字線幅が異なっているため、複数の文字パターンを平均化することによって字種を代表する平均的な文字パターン（以下、平均パターンと呼ぶ）を作成する。そのために、同一字種ごとに文字パターンを重ね合わせて累積し、文字部分（あるいは背景部分）となる頻度を表す分布を求める。この頻度分布より文字部分となる頻度が50%以上の画素を選び平均パターンとする。平均パターンに細線化処理を施し文字の骨格部を抽出して文字部標準パターンを作成する。

すべての字種について文字部標準パターンを作成した後、注目する字種（例えば同図の字種"0"）ごとにその平均パターンと他のすべての字種の文字部標準パターンとを重ね合わせて比較し、一致の度合いが大きな類似字種（例えば同図の字種"6"）を選ぶ。次に、注目する字種（同図の字種"0"）の平均パターンとその類似字種（同図の字種"6"）の平均パターンとをずらしながら重ね合わせ、注目する字種"0"の背景部分のなかで類似字種"6"の文字部分と重なり合う領域を抽出して背景部の特徴領域（同図斜線部分）とする。この特徴領域に適切な重みを設けて総合一致度を計算すれば類似字種を正確に識別することができる。そこで、特徴領域における類似字種との不一致の度合いが類似字種を正確に識別するための基準値を満たすように適切な重みを決める。最後に、特徴領域を構成する各画素の座標とその重み

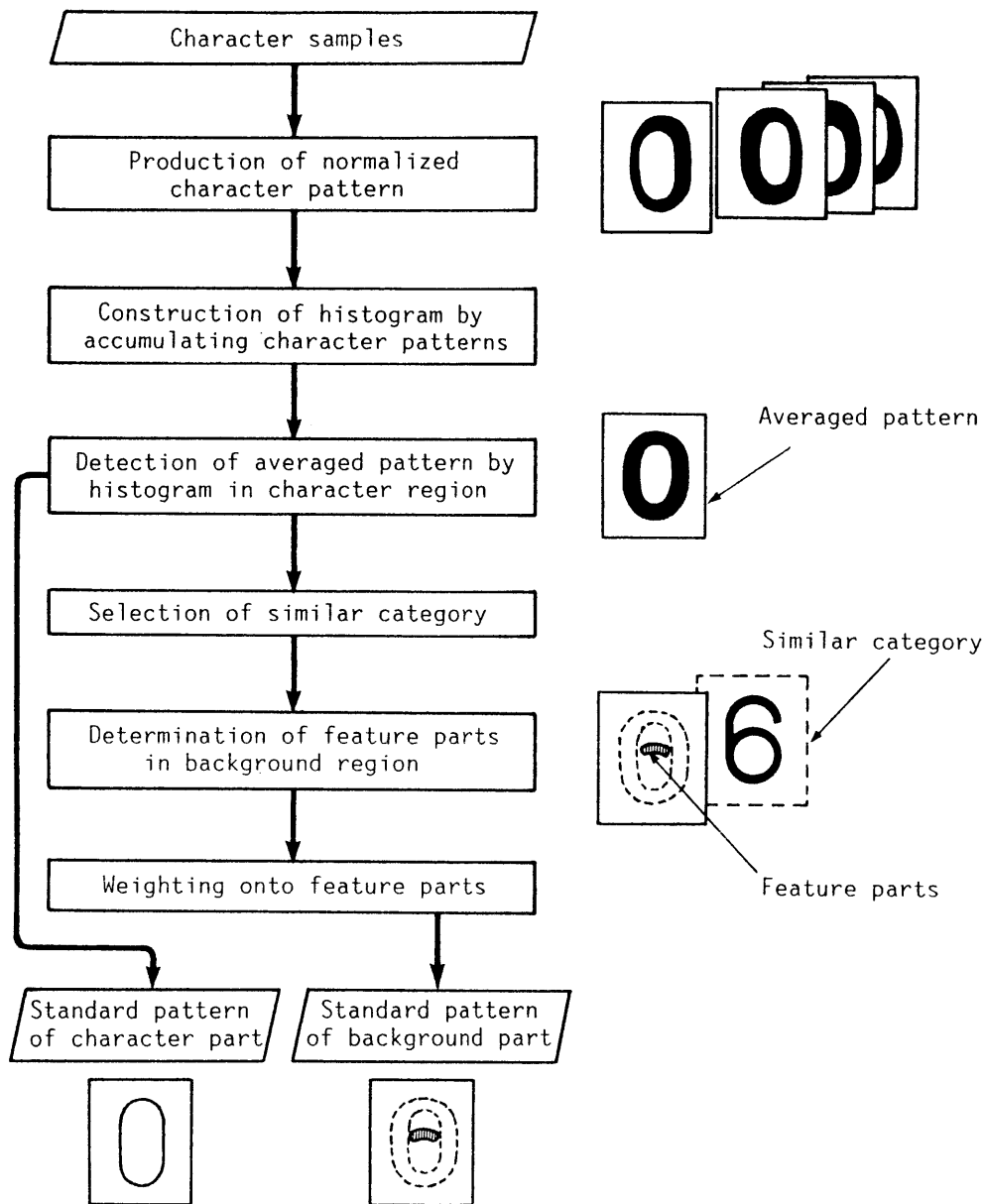


図 4.6 標準パターン自動作成の流れ

を組にして背景部標準パターンを作成し、文字部標準パターンと共に登録する。

### 4.3 自動車車体パネルの刻印文字認識装置

#### 4.3.1 装置構成

本手法に基づき自動車車体パネルの刻印文字認識システムを開発した。これは、車体パネルに刻印文字の番号が打刻された直後に、指定された番号が正しく打たれたか否かを検査するシステムである。今回対象とした車体パネルは、図4.7の斜線で示した位置に取り付けられている自動車の部品で、たて120mm×よこ1150mm×厚さ0.7mm程度の大きさの鋼板である。パネル表面は塗装前であるが防錆処理される場合があり、油などが付着して汚れる場合もある。刻印文字は規格化されていない単一の字体で、一文字の大きさは6mm(W)×8mm(H)である。認識すべき文字の種類は、英数字14字種（英文字は“L”, “S”, “V”, “W”の4種類、数字10種類）で、打刻された12けたをすべて認識する必要がある。

図4.8に車体パネル刻印文字認識システムの全体構成を示す。このシステムは、TVカメラと光源からなる撮像部および認識処理を行う画像処理部で構成している。光源には高周波蛍光灯を用い、刻印溝部が暗くパネルの刻印表面が明るくなるよう明視野照明を使用している。

車体パネルは刻印機の刻印ヘッドにより打刻された後、パネル搬送装置によって撮像部の真下へ運ばれる。刻印文字は予め決められた位置でTVカメラから撮像され（一文字あたり30画素×40画素の大きさ）、そのデータは画像処理部へ送られる。

図4.9に、認識システムの画像処理部の装置構成を示す。画像の前処理を高速に行うため、濃度ヒストグラム作成、2値化、膨張・収縮処理およびランレングス符号化には開発した専用ハードウェアを用いている。

#### 4.3.2 認識処理の流れ

図4.10は、認識システムによる処理の流れを示したものである。まず、画像を入力し、濃淡画像における濃度ヒストグラムを作成して判別しきい値選定法で2値

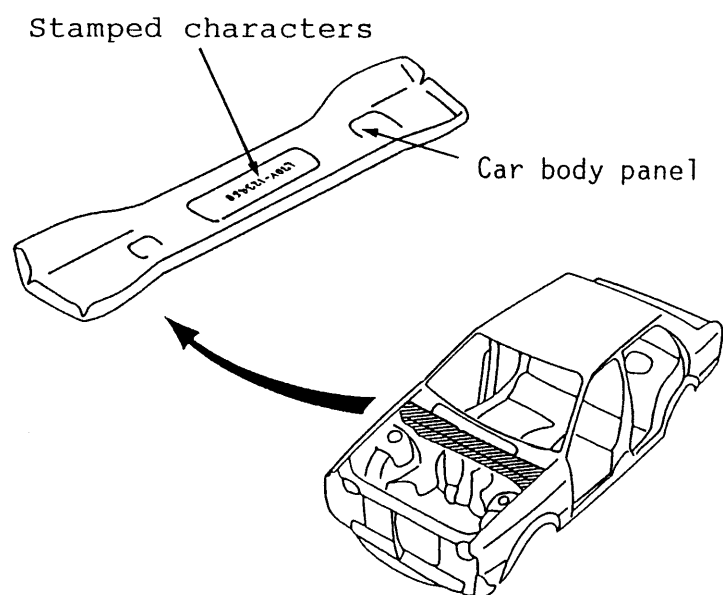


図 4.7 認識対象とした自動車の車体パネルとパネル位置

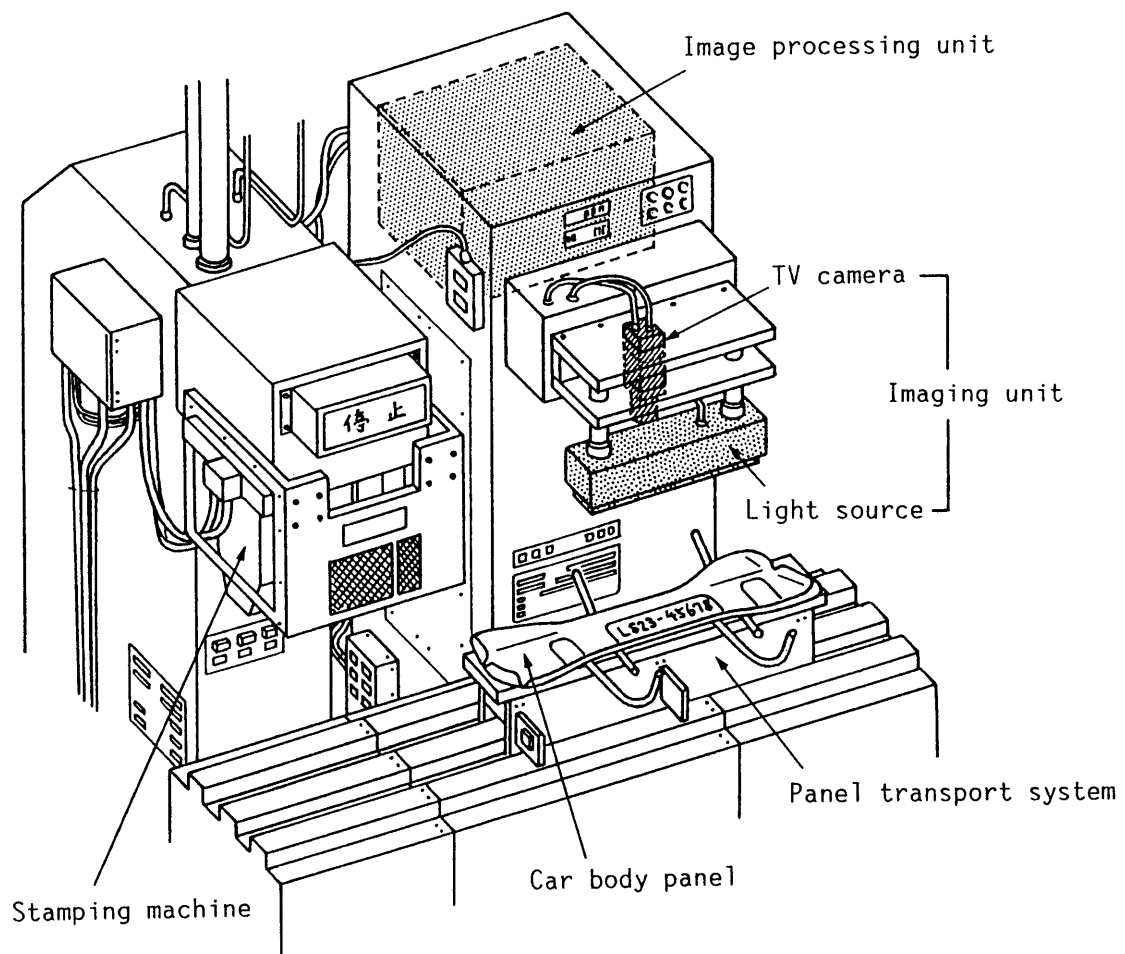


図 4.8 車体パネル刻印文字認識システムの構成

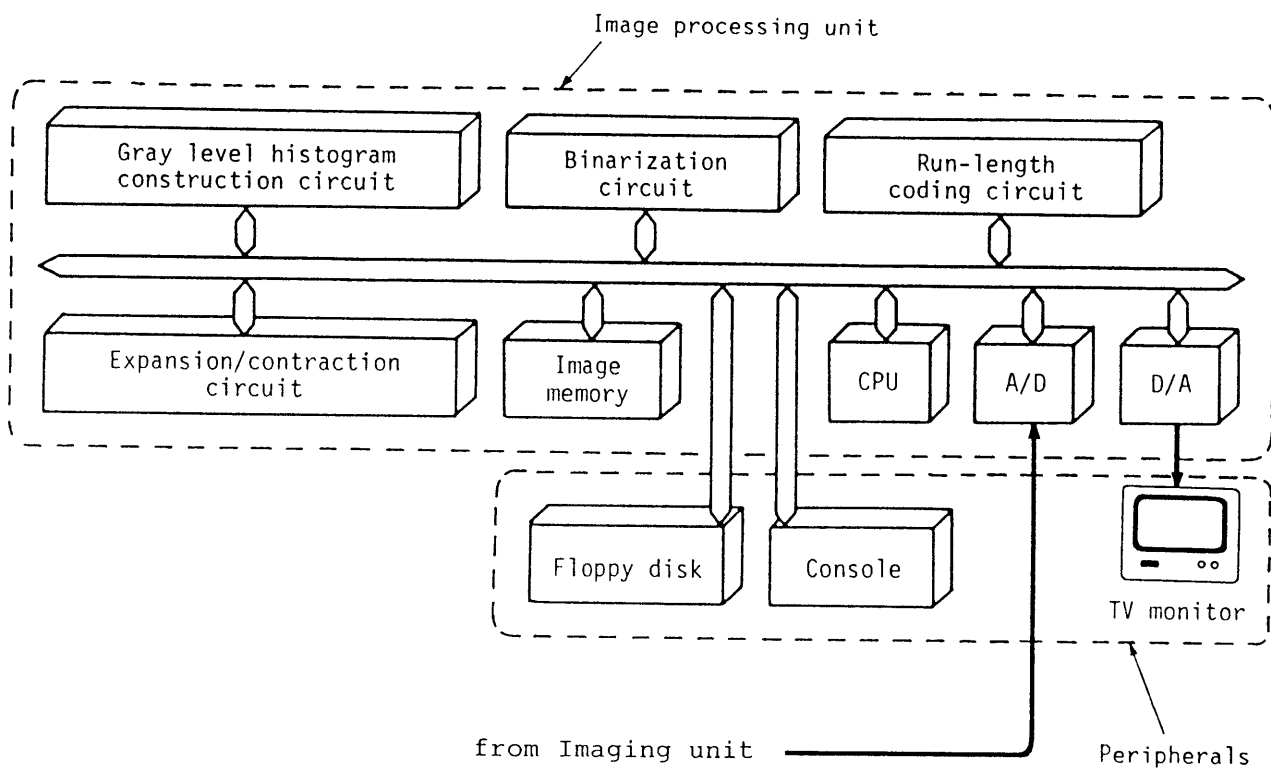


図 4.9 画像処理部の装置構成

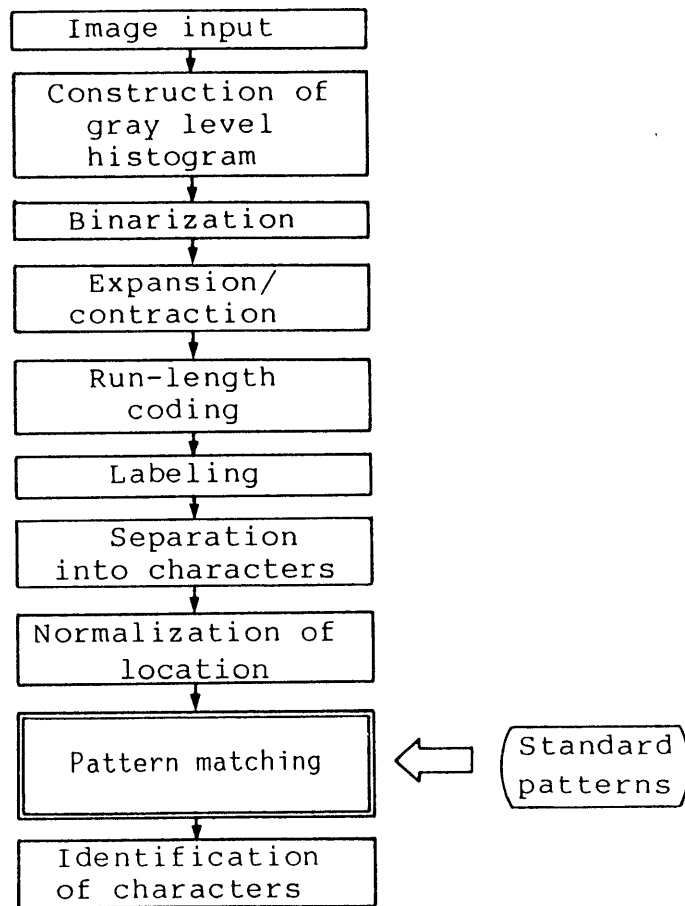


図 4.10 車体パネル刻印文字認識システムの処理の流れ

化する。膨張・収縮処理により数画素程度の雑音を除去した後、ランレングス符号化により2値画像データを圧縮し、圧縮したデータを2値画像メモリとは別なメモリに格納する。投影法により文字列および個々の文字を検出したのち、文字領域ごとにラベリングを行い、文字線のとぎれの検出および文字に接触していない雑音の除去を行って各文字を切り出す。文字位置を正規化した後、標準パターンとのマッチングにより式(4.3)で総合一致度を計算する。この総合一致度を図4.11の判定基準によって分類し、リジェクトか否かを判定する。

#### 4.4 打刻による文字線幅の変動への耐性評価に関する実験

##### 4.4.1 実験方法

提案した認識方法の有効性を確認するため、図4.7に示す車体パネルの刻印文字を対象として次の二つの方法で認識実験を行った。

##### (1) 文字線幅の変動に関する実験

類似文字を含む9種類の字種(数字は"0","5","6","8","9"の5種類、英文字は"B","C","D","S"の4種類)を実験対象とした。図4.7の車体パネルと同一の薄肉の鋼板に打刻圧を少しずつ変えながら字種あたり100個ずつ打刻した合計900個の文字サンプルを作成し、これを実験サンプルとした。学習サンプルは実験サンプルとは別に字種あたり10個ずつ選び、標準パターンを作成した。

このように選んだ900個の文字サンプルについて図4.5に示した認識処理の流れで、

- ① 本手法によるパターンマッチング法を用いた場合
- ② 本手法の代わりに複合類似度法を用いた場合

の二つについて、リジェクトを許さない識別を行った場合の認識率を測定した。この識別は、一致度あるいは類似度が最大の字種を識別結果とし、その結果が実際の字種と一致する割合を認識率とする方法である。

ここで、本手法によるパターンマッチング法では、式(4.3)によって総合一致度を計算した。また、複合類似度法の標準パターンは、基本となるものと、それを上・



下と左・右に一画素ずつずらせて位置ずれを生じさせたもので構成した<sup>(12)</sup>。

## (2) 認識率調査に関する実験

図4.7に示す実際の車体パネルの刻印文字（現在，英数字14字種）から，14字種それぞれ10個ずつの文字を学習サンプルとして選び標準パターンを作成した。これとは別な車体パネルから字種あたり300個ずつ，14字種取り合わせて4200個の文字サンプルを抽出して実験サンプルとした。この学習サンプルおよび実験サンプル中には，打刻圧の変動や打刻される位置の違いにより文字線幅が異なる種々のものが含まれている。このように選んだ4200個の文字サンプルについて，図4.5に示した認識処理の流れで式(4.3)の総合一致度を求めることにより認識実験を行った。リジェクトか否かの判定基準は図4.11に示した通りである。

### 4.4.2 実験結果

図4.12に，文字線幅の変動に関する実験の結果を示す。同図に示すように，非類似文字および類似文字（"0"と"C"と"D"，"5"と"S"および"8"と"B"）とも，本手法は複合類似度法より良好な認識率を示し，文字線幅の異なる類似文字の識別にも有効であることが確かめられた。

認識率調査に関する実験では誤読はなかったが，4200個の文字サンプルのうち4サンプルがリジェクトされ，全体の認識率は99.9%であった。図4.13に正読例とリジェクト例を示す。同図のリジェクト例は十数けたの両端の刻印文字で，一文字の中の各文字線にかかる打刻圧の違いが大きいため2値化後の文字線幅が変動し，図4.11の判定基準から外れたもの（ $S_1=88\%$ ， $S_1-S_2=14\%$ ）である。他の3サンプルは， $S_1=85\sim 89\%$ ， $S_1-S_2=11\sim 14\%$ でリジェクトとなった。

図4.14は，判定基準を満足した場合の識別の確からしさの度合を示したもので，縦軸は，式(4.3)で計算した総合一致度を百分率で表している。認識実験によれば，同図の第1候補文字の分布の下限が十分高いか，あるいは第1候補文字の分布の下限と第2候補文字の分布の上限との差が十分大きいかな否かによって識別の確からしさ，すなわち第1候補の字種が正しい字種であるか否かを表すことができる。同図より，第1候補文字の総合一致度は十分大きく，更に第1候補文字の分布と第2候

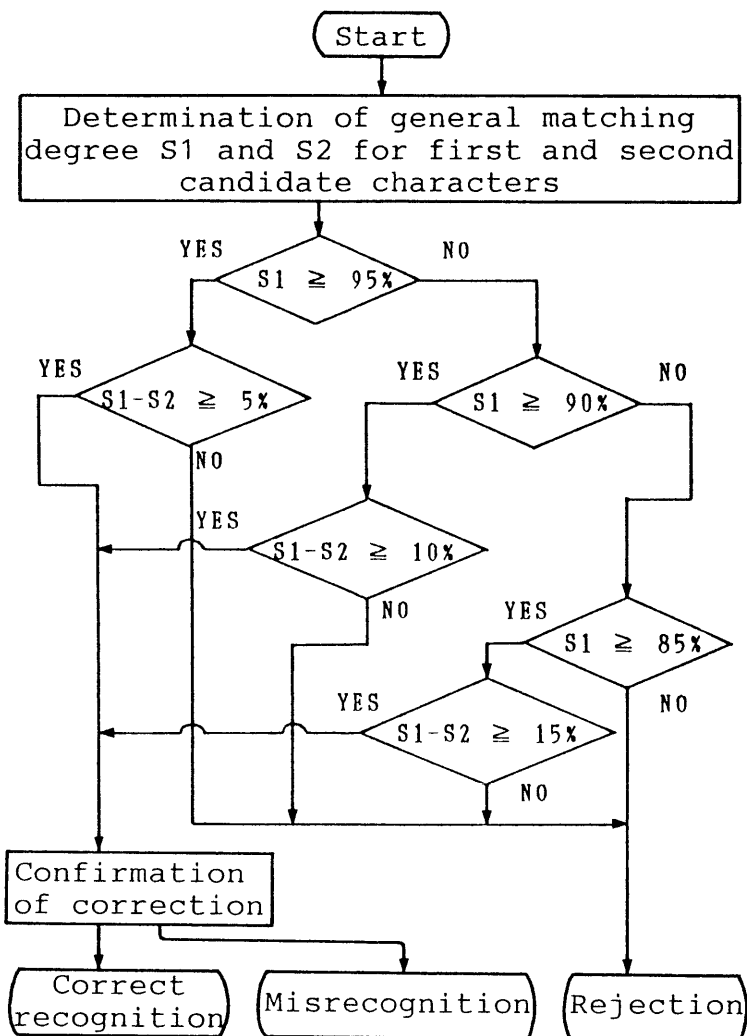


図 4.11 刻印文字識別の判定基準

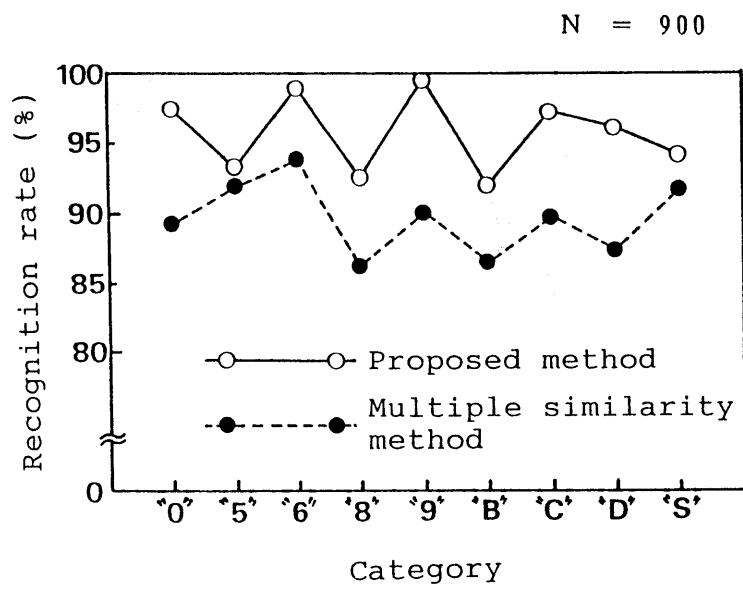
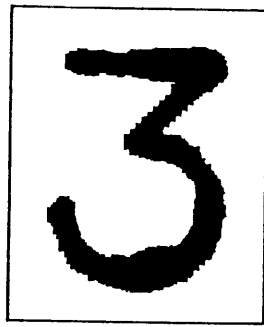
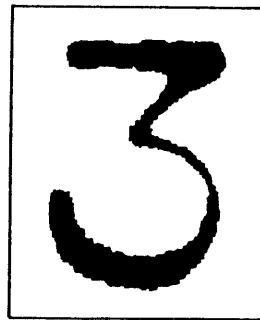


図 4.12 文字線幅の変動に関する実験結果



(a) Case of correct  
recognition



(b) Case of  
rejection

図 4.13 正読例とリジェクト例の比較 (2値画像)

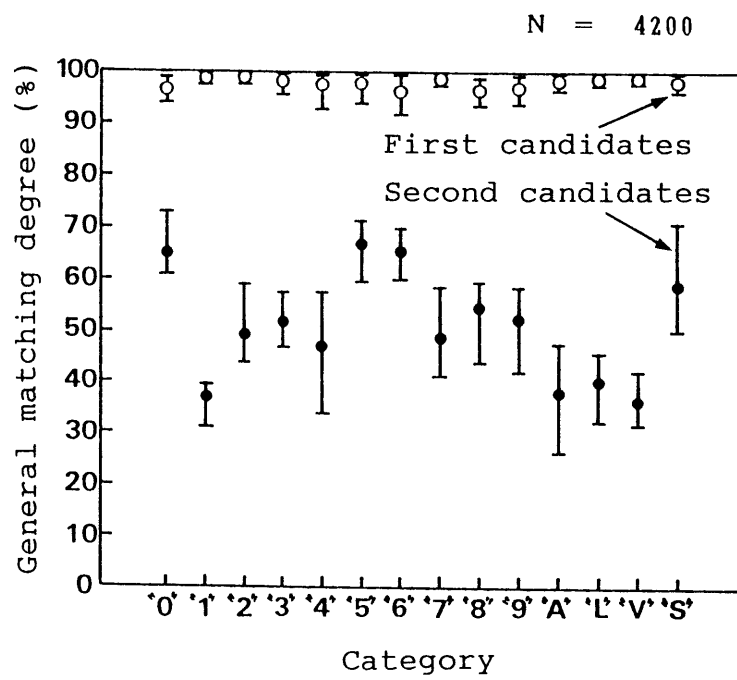


図 4.14 識別の確からしさの度合

補文字の分布とは互いに重なり合わず十分な差があるため、安定に識別できることがわかる。

以上二つの実験により、本手法は文字線幅の変動する刻印文字の認識率向上にとって有効な方法であることが検証された。

表4.1に本手法を用いた車体パネル刻印文字認識システムの性能を示す。認識率は、1回目の読取りでは99.9%だが、再読取りを行うことにより完読することができた。標準パターンの作成は、字種あたり10個ずつの文字サンプルを用い14字種すべてを作成する場合約3分で完了し、現場での字種の追加・変更にも迅速に対応することができる。但し、字種を追加・変更する場合には、類似文字識別用の背景部標準パターンについてはすべての字種のパターンを作り直す必要がある。文字部標準パターンは追加・変更した字種のパターンだけを作成すればよい。これらの性能は、生産工程での実用装置の性能としてはいずれも十分な値である。

#### 4.5 む す び

本章では、鋼板上の刻印文字認識のための文字識別方法について検討し、文字の骨格線を用いた文字線幅の変動に強い方法を提案した。

提案した方法は、文字の中で線幅の変動に対して安定な骨格部分を細線化により抽出し、これを主たる標準パターンとしてずらしながらマッチングすると共に、類似文字用に用意した標準パターンをも使用することによってより安定に文字認識を行う方法である。

この方法を用いた認識実験の結果、類似字種を含み文字線幅が変動した刻印文字（英数字9字種・900サンプル）での認識率は、従来の代表的手法である複合類似度法に比べ高い値を示した。また、実際の車体パネルを用いた英数字14字種・4200サンプルについての認識率調査では、リジェクトは4サンプルあったが誤読はなく、認識率は99.9%で、この識別方法の有効性が確認された。

表 4.1 車体パネル刻印文字認識システムの性能

Object	Stamped character on car body panel
Category of characters	14 kinds of alphanumerals
Number of characters	12 digits
Recognition time	2.5 sec. (design goal: less than 5.0 sec.)
Recognition rate	99.9 percent (design goal: more than 99.7 percent)
Time for standard pattern construction	3 min. for 14 kinds of standard characters, with 10 samples for each character

< 文 献 >

- (1) J I S C 6 2 5 0 : “光学式文字認識のための字形 (英数字)”,  
日本規格協会 (1976) .
- (2) J I S C 6 2 5 3 : “光学式文字認識のための印字仕様”,  
日本規格協会 (1982) .
- (3) 山本, 安田, 宮本, 堤: “手書き数字認識論理の設計”, 信学論 (C),  
5 3 - C, 1 0, pp.691 (昭45-10) .
- (4) 木村, 吉村, 三宅, 市川: “ストローク構造解析法による自由手書き  
片仮名文字認識”, 信学論 (D), J 6 2 - D, 1, pp.16-23 (昭54-01) .
- (5) 森, 森, 山本, 山田, 斎藤, 中田: “手書英数字・特殊記号の認識”,  
信学論 (D), 5 8 - D, 8, pp.442-449 (昭50-08) .
- (6) 萩田, 内藤, 増田: “外郭方向寄与度特徴による手書き漢字の識別”,  
信学論 (D), J 6 6 - D, 1 0, pp.1185-1192 (昭58-10) .
- (7) 新田, 本郷: “刻印文字チェッカ”, テレビ学技報, I P A 5 8 - 2,  
pp.31-36 (昭57-08) .
- (8) Y. Hongo and A. Komuro : “Stamped Character Inspection Apparatus  
based on The Bit Matrix Method”, Proc. of the 6th Int. Conf. on  
Pattern Recognition , pp.448-450 (1982).
- (9) 中村, 須田, 深沢, 宇高: “刻印文字OCR”, 昭56信学総全大,  
1 4 0 9 .
- (10) 中村, 酒井, 武田, 宇高, 加々美: “刻印OCRシステム”, 昭58  
信学総全大, 1 3 9 5 .
- (11) Y. Nakamura , M. Suda , K. Sakai , Y. Takeda and M. Udaka :  
“Development of a High-Performance Stamped Character Reader” ,  
IEEE Trans. Ind. Electron. , IE-33 , 2 , pp.144-147 (1986).
- (12) 中村, 須田, 林: “工業応用文字読取装置 (T O S E Y E - 1 0 0 0) ” ,



- 信学技報, P R U 8 6 - 7 9, pp.69-74 (昭61) .
- (13) 飯島: “パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察”,  
信学論 (D), 5 5 - D, 8, pp.507-514 (昭47-08) .
- (14) 大津: “判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”,  
信学論 (D), J 6 3 - D, 4, pp.349-356 (昭55-04) .
- (15) G.F.Groner: “Real time Recognition of Handprinted Text”, AFIPS ,  
FJCC , 29 , p.591 (1966).
- (16) 中野, 武田, 山本: “自動車車体パネルの刻印文字認識アルゴリズム”,  
電学論 (C), 1 0 9 - C, 6, pp.439-445 (平01-06) .
- (17) 山本, 中野, 武田, 加瀬: “自動車車体パネルに打刻された刻印文字認識  
装置”, 昭62信学総全大, S 1 2 - 9 .

## 第 5 章 塗装鋼板上の刻印文字の認識

### 5.1 ま え が き

本章では、工業用文字のうち、塗装された刻印文字に対する新しい識別方法とその有効性を論ずる。

第 4 章で述べたように、刻印文字は字形や文字品質が規格化<sup>(1)</sup>・<sup>(2)</sup>されておらず、スクリーン印刷文字やレーザーマーキング文字などの他の工業用文字に比べて、画像における文字線幅の変動が大きい。

このような刻印文字に塗装が施されると、刻印溝の輪郭部分に塗料による盛上りが発生し易い。特に、梨子地塗装のように塗装面にマイクロなでこぼこがある場合はこの盛上りは顕著となる。塗装された刻印文字を撮像した画像では、文字線の濃度のばらつき度合および背景の濃度のばらつき度合は共に高く、文字のコントラストは低い。従って、2 値化後の画像では、文字線幅の変動に加えて、文字輪郭形状の凹凸ならびに背景の雑音が多く生じる。特に、文字輪郭形状の凹凸は塗装された刻印文字の認識にとって大きな問題である。

従来、刻印文字を認識する方法は報告されている<sup>(3)</sup>-<sup>(8)</sup>が、塗装された刻印文字の認識に関する報告はない。本郷ら<sup>(3)</sup>・<sup>(4)</sup>の提案したビットマトリックス法は、重みを設けた標準パターンを用いて認識する方法である。しかし、この方法はレーザーマーキング文字など比較的文字品質の良好なものを主眼としているため、塗装された刻印文字の認識に適用することは難しい。中村ら<sup>(5)</sup>-<sup>(8)</sup>の方法は、文字品質に合わせて複数の標準パターンを用意し、複合類似度法<sup>(9)</sup>により認識する方法である。しかし、この方法では文字輪郭形状の凹凸の程度に応じて多数の標準パターンが必要となり、塗装された刻印文字の認識は容易ではない。

本章では、従来の方法では識別が容易でなかった塗装鋼板上の刻印文字を安定に識別する方法<sup>(12)</sup>・<sup>(13)</sup>を提案する。更に、字種の追加・変更を簡便に行うために、標準パターンを短時間に自動作成する方法も示す。提案する方法は、文字の輪郭が

変動する場合でも正確に文字を識別するために、文字パターンの外接枠から文字の輪郭を見たときの外郭形状<sup>(10)</sup>を抽出してこれを字種に固有な特徴とし、この特徴を標準パターンとして用意した外郭形状と比較して認識する方法である。抽出した外郭形状は、字種固有の外郭の特徴だけを忠実に表すため、平滑化を行って凹凸による変動分を少なくする。また、類似文字を安定に識別するため、標準パターンの外郭形状には特徴のある領域（以下、特徴部と呼ぶ）を設け、そこに適切な重みを与えておく。更に、位置ずれにも強くするために、抽出した外郭形状をずらしながら標準パターンの外郭形状と比較する。この方法は、文字の輪郭が種々変動する場合でも一字種につき一つの標準パターンで対応することができ、標準パターンの自動作成も比較的容易である。

この方法により、文字の輪郭が変動する塗装された刻印文字を安定に識別できるようになった。また、標準パターンの自動作成により生産現場で迅速に字種の追加や変更が行えるようになった。

## 5.2 塗装された刻印文字の識別方法

### 5.2.1 文字の外郭形状を用いた文字識別の原理

自動車の車体のように、鋼板に打刻された刻印文字に塗装が施されると、刻印溝の輪郭部分に、塗料による盛上りが発生する。この盛上りは、梨子地塗装のように塗装表面にミクロな凹凸がある場合には特に著しい。このような刻印文字を撮像すると、文字の輪郭は凹凸になり、更に背景の雑音も生じる。

図5.1は、刻印文字の溝の一断面と、その刻印溝を撮像した画像における濃淡レベルを示したもので、同図(a)は塗装前の刻印文字の場合、同図(b)は塗装後の刻印文字の場合を表している。同図(b)では、刻印溝の輪郭部分での塗料による盛上りのため、刻印溝自体の他に小さな濃淡レベルの変化が見られる。そのため一定のしきい値で2値化すると、同図に示したように、本来は文字線幅 $\delta_0$ のものが $\delta$ のように異なった線幅になることがある。しかも、塗料による輪郭部分の盛上りは塗装の状況により変化するため、 $\delta$ は一定ではない。

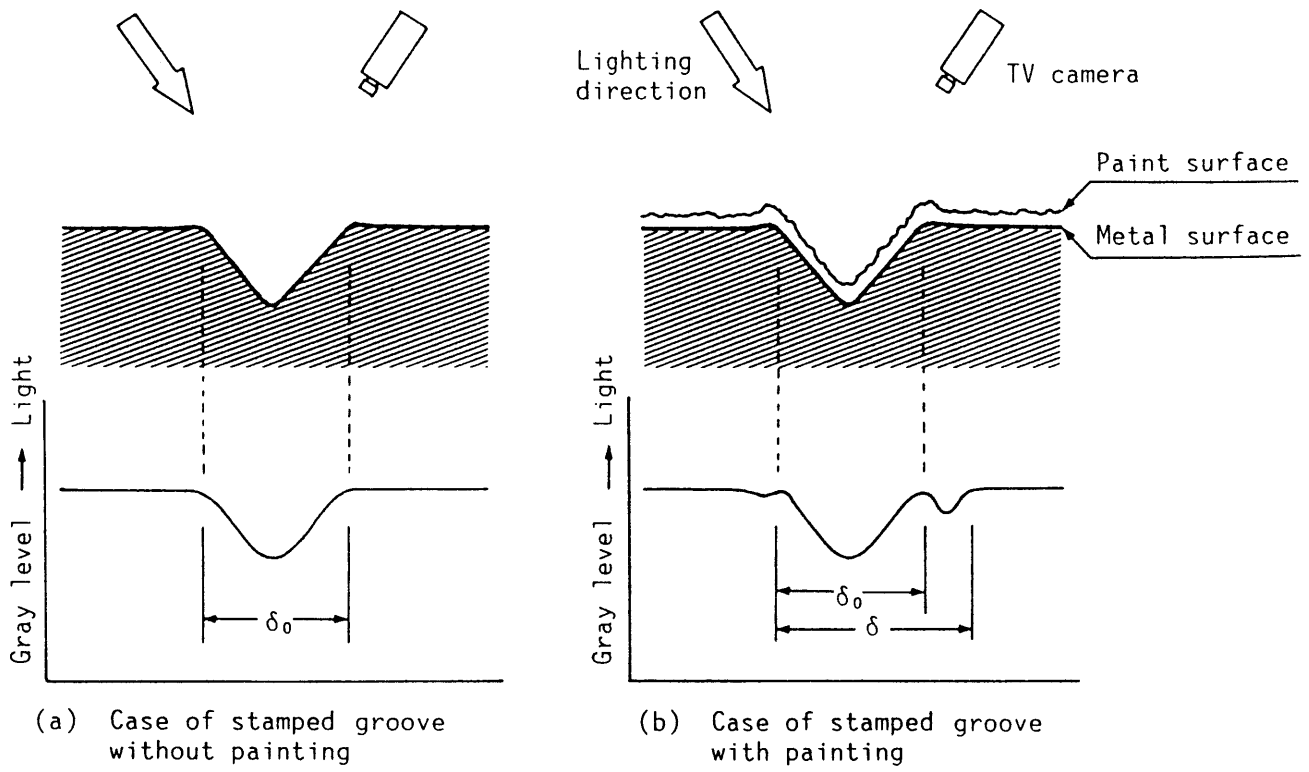


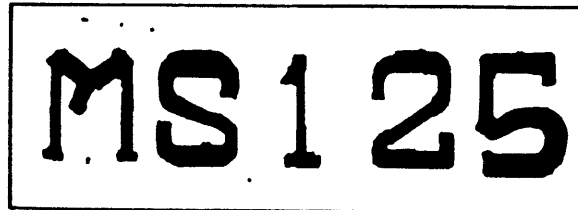
図 5.1 塗装による撮像画像の濃淡レベルの違い

図5.2は、塗装の有無による刻印文字の2値画像の違いを示したもので、同図(a)は塗装前の刻印文字の場合、同図(b)は塗装後の刻印文字の場合を表している。2値画像における文字の輪郭は、同図(a)では滑らかであるが、同図(b)のように塗装が施されると所々で凹凸に変化する。しかも、同図(b)では画像の背景にも多くの雑音が発生する。

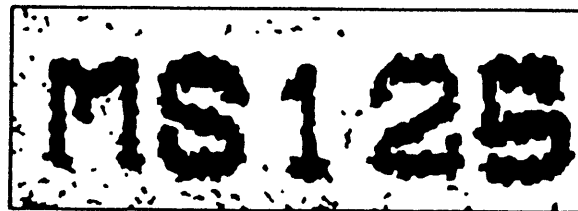
打刻後に塗装された刻印文字を認識するには、文字の輪郭の凹凸に左右されにくい字種固有の特徴を用いる方法が有効である。図5.3は、文字識別に使用する特徴を表したものである。この特徴は、文字外接枠を基準の幅・高さに合わせて大きさの正規化を行った文字パターンに対して、その外接枠の上・下・左・右の四方向から文字の輪郭を見た外郭形状をそれぞれ抽出したものである。

図5.4は、図5.3の外郭形状による文字識別の原理を示したものである。この方法は、入力パターンの外郭形状と標準パターンの外郭形状とを重ね合わせて、二つの外郭形状の違いを定量化し、その値によって文字を識別しようとする方法である。同図では左方向から見た外郭形状を例にとり、入力パターン"9"の外郭形状に標準パターン"3"の外郭形状を重ね合わせる場合を示している。まず、正規化された文字パターンの外郭形状を抽出し、塗装による外郭形状の凹凸を小さくするためにこれを平滑化する。この平滑化した入力パターンの外郭形状を、同様の処理によって作成した標準パターンの外郭形状と重ね合わせる。類似した字種を安定に識別するために、標準パターンの外郭形状は特徴部を備えており、この特徴部には類似した外郭形状との差を強調するため、適切な重みが与えられている。重ね合わせた入力パターンと標準パターンの外郭形状で差分演算を行うとき、特徴部の差分値に対しては重みを表す2以上の整数値を掛ける。重みを掛けた後の差分値を総和し、これを平均化した値を求める。この値は入力パターンと標準パターンとの一致（あるいは不一致）の程度を表す尺度で、値が小さいほど一致の度合いが高いことを示す。この尺度はパターン認識における各種の距離と類似した性質をもつため、以下では"距離"と呼ぶ。文字の識別はこの距離の大小によって行う。

#### 5.2.2 塗装された刻印文字認識の基本的な流れ



(a) Case of stamped characters  
without painting



(b) Case of stamped characters  
with painting

図 5.2 塗装の有無による刻印文字の2値画像の違い

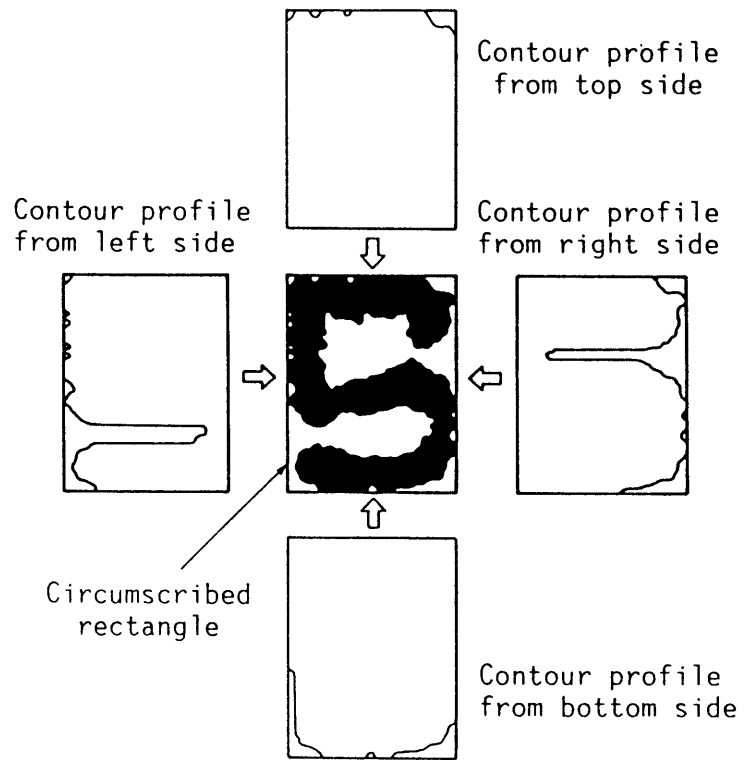


図 5.3 文字パターンの外郭形状の抽出

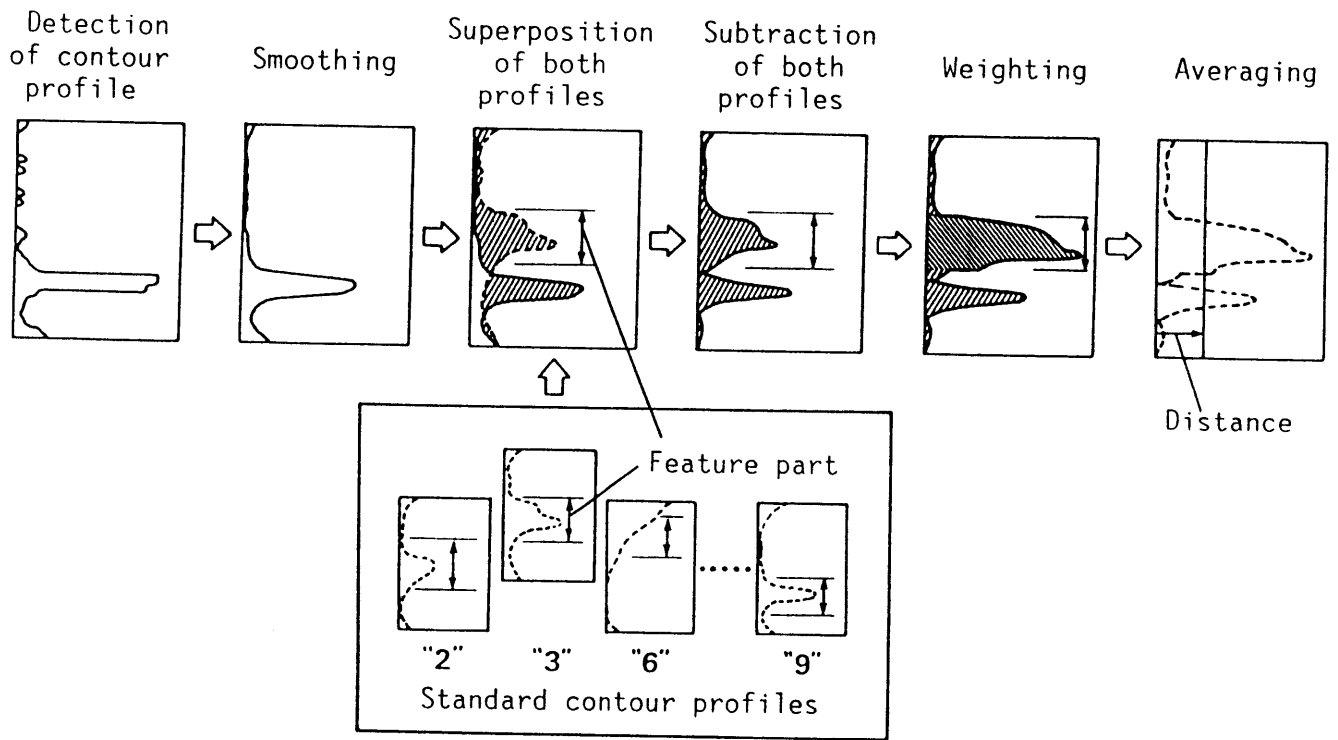


図 5.4 文字パターンの外郭形状を用いた文字識別の原理



図5.5は、5.2.1の原理に基づく塗装された刻印文字認識の基本的な処理の流れを示したもので、破線内が提案した識別方法である。入力した画像を判別しきい値選定法<sup>(11)</sup>で計算したしきい値で2値化し、ラベリングにより文字検出と切出しを行う。個々の文字について文字の大きさと位置を正規化した後、文字パターンの外郭形状を抽出する。ここでは、図5.3に示した四方向からの外郭形状のうち、左・右の二方向から見た外郭形状を使用する。これは上・下の二方向から見た外郭形状には違いが少ないためである。次に、左・右二方向の外郭形状に対しそれぞれ平滑化を行い、塗装による外郭形状の変動の影響を緩和する。このようにして得た入力パターンの外郭形状と予め作成してある標準パターンの外郭形状とを重ね合わせ、両パターンの一致の度合として距離を計算する。このような距離を、正規化した基準位置のほか、上・下と左・右に1画素ずつずらした位置についても計算し、その最小値（以下、最小距離と呼ぶ）を求める。文字判定では、左右の最小距離が最も小さくなる字種を第1候補とし、第1候補が判定条件を満たす場合に、その字種を識別結果とする。

ここで、パターン間の一致の度合を示す距離を以下の式によって計算する。図5.6は入力パターン"7"についての距離の説明図である。同図(a)は文字の大きさと位置を正規化したパターン"7"の外接枠における一辺Uから向かい合う辺へ走査する様子を表している。また、同図(b)はその走査によって最初に出会った文字輪郭線を辺U方向から見た外郭形状として示したもので、辺Uを構成する一つの画素*i*に対応する外郭形状上の値を辺Uにおける外郭座標 $uX(i)$ , ( $i=1, 2, \dots, p$ ;  $p$ は辺Uの全画素数)とする。同様に、 $N$ 種類の標準パターンに対しても辺Uにおける外郭座標を $uY_n(i)$ , ( $i=1, 2, \dots, p$ ;  $n=1, 2, \dots, N$ )とする。このとき、標準パターン*n*に対する入力パターンの辺Uでの距離 $u d_n$ を、

$$u d_n \equiv \frac{\sum_i \{ \lambda_i \times |uX(i) - uY_n(i)| \}}{\sum_i \lambda_i} \quad (5.1)$$

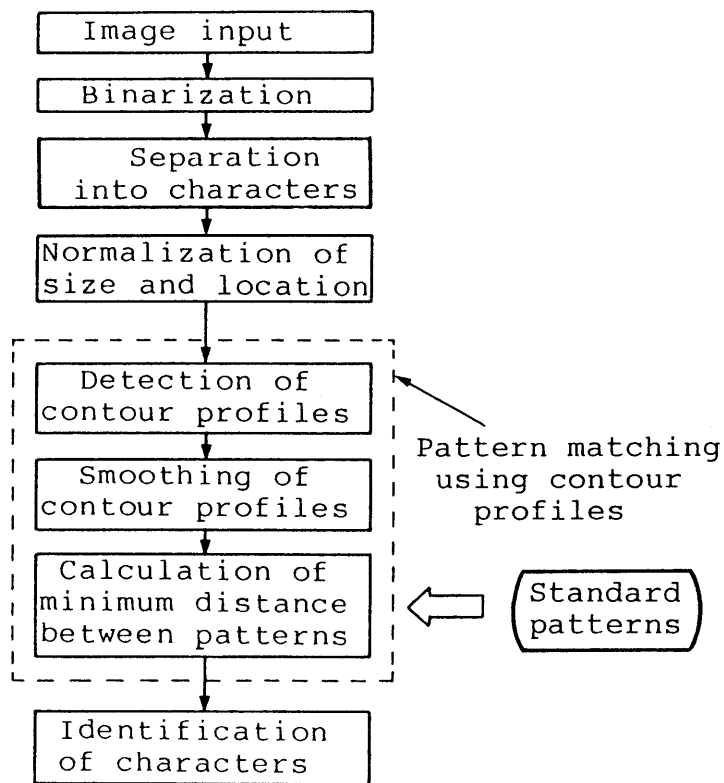


図 5.5 塗装された刻印文字認識の基本的な流れ

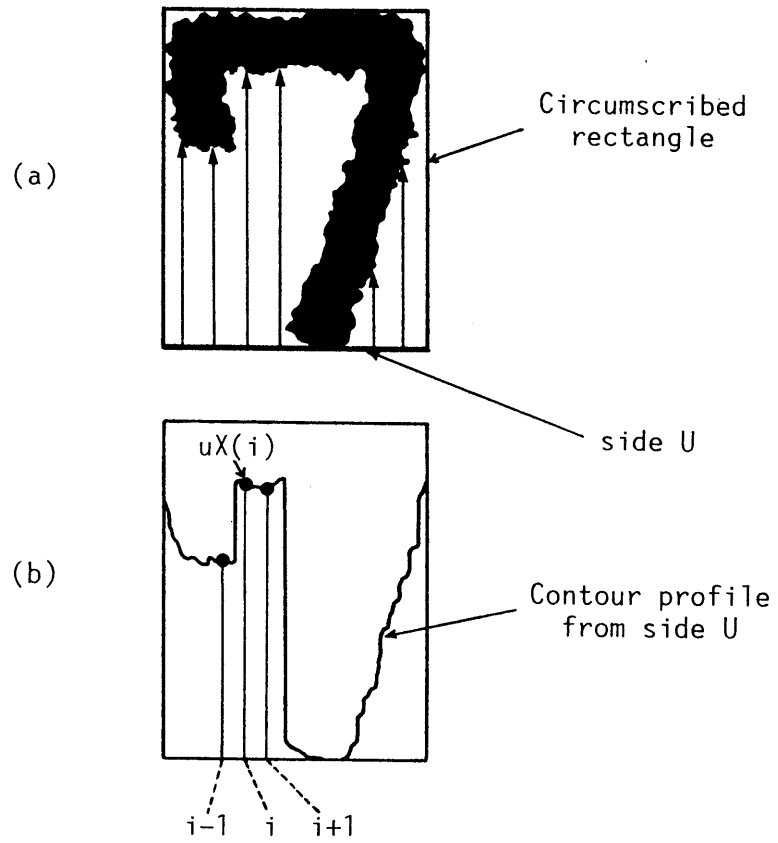


図 5.6 パターン間の一致の度合を示す距離の説明図

と定義する。ただし、 $\lambda_i$  は標準パターンの特徴部における重みを表し、特徴部で2以上の整数値、特徴部以外では1とする。位置の正規化を行った入力パターンの外郭形状に対して式(5.1)より求めた距離を $U d n_0$ 、入力パターンの外郭形状を上・下と左・右に1画素ずつずらして求めた距離をそれぞれ $U d n_1, U d n_2, U d n_3$ および $U d n_4$ とする。このとき辺Uでの最小距離 $U D n$ を、

$$U D n \equiv \min \{ U d n_0, U d n_1, U d n_2, U d n_3, U d n_4 \} \quad (5.2)$$

とする。

以下に、リジェクトか否かの判定条件を示す。式(5.2)より、各標準パターンに対する左辺および右辺での最小距離を逐次計算する。左辺Lおよび右辺Rでの最小距離の最小値をそれぞれ $L D n_i, R D n_j$ 、二番目に小さな値をそれぞれ $L D m_i, R D m_j$ とすると、

- (1) 標準パターン $n_i$ と $n_j$ が同一字種
- (2)  $L D n_i \leq \alpha$  かつ  $R D n_j \leq \alpha$  ( $\alpha$ : 正の定数)
- (3)  $(L D m_i + R D m_j) - (L D n_i + R D n_j) > \beta$  ( $\beta$ : 正の定数) (5.3)

のすべての条件を満たす字種 $n_i$ を識別結果とする。識別結果は正読と誤読とに分けられるが、実際にはこの結果に誤読が含まれないように定数 $\alpha, \beta$ を実験で決めておく。また、式(5.3)の判定条件を満足しない場合にはリジェクトとする。

### 5.2.3 文字の外郭形状を特徴とした標準パターンの自動作成

図5.7に標準パターン自動作成の流れを示す。まず、字種ごとに複数の文字サンプルを集め、それぞれの字種について文字の大きさと位置を正規化した文字パターンを作成する。複数の文字パターンを累積して平均化することにより、字種を代表する平均的な文字パターン(以下、平均パターンと呼ぶ)を作成する。すべての字種について平均パターンを作成した後、平均パターンを用いて左・右から見た二種類の外郭形状を抽出する。

次に、注目する字種の外郭形状と他のすべての字種の外郭形状とを比較して類似

字種を選ぶ。注目する字種の外郭形状とその類似字種の外郭形状とをずらしながら重ね合わせ、両外郭形状の差が大きな領域を抽出して特徴部を決定する。注目する字種の左・右の外郭形状に平滑化処理を施したのち、特徴部における重みを決める。これは、注目する字種とその類似字種の外郭形状の差分値のうち、特徴部に相当する領域に重みを表す2以上の整数値を掛けて両外郭形状間の距離を計算し、この距離が識別の判定条件を満たすように逐次その重みを加減して決定する。特徴部でこのように決定した2以上の整数の重みをもち、特徴部以外の領域で整数値1の大きさをもつパターンを生成する。平滑化した左・右の外郭形状パターンとその特徴部に重みをもつパターンとを組み合わせる標準パターンとする。字種"3"の標準パターンの一例を図5.8に示す。同図の標準パターンは平滑化した外郭形状パターンとその特徴部に重みをもつパターンの二種類から成っており、左・右のパターンのうち右のパターンだけを示したものである。

### 5.3 塗装フレームの刻印文字認識装置

#### 5.3.1 装置構成

本識別方法を用いて自動車車体フレームの刻印文字認識システムを開発した。図5.9に車体フレームおよび車体番号の刻印文字を入力する撮像部の構成を示す。車体フレームは刻印文字が打刻された後に黒く塗装される。車体番号は11けたの刻印文字から成り、刻印文字の大きさは6mm(W)×10mm(H)である。刻印文字の表面は、梨子地塗装のように刻印溝の輪郭部分が著しく盛り上がる場合が多い。認識する字種は、英数字15種類(英文字5種類、数字10種類)である。撮像部は高周波蛍光灯の光源とTVカメラから構成され、搬送ロボットに取り付けられている。照明方法は、塗装表面を明るく刻印溝部分を影にして暗くする明視野照明である。

車体フレームがフレーム搬送装置により運ばれ決められた位置で停止した後、撮像部は搬送ロボットによって車体番号を入力する位置に移動される。刻印文字はTVカメラから一文字あたり27画素×45画素の大きさに撮像され、その画像は認識システムの画像処理部へ送られる。

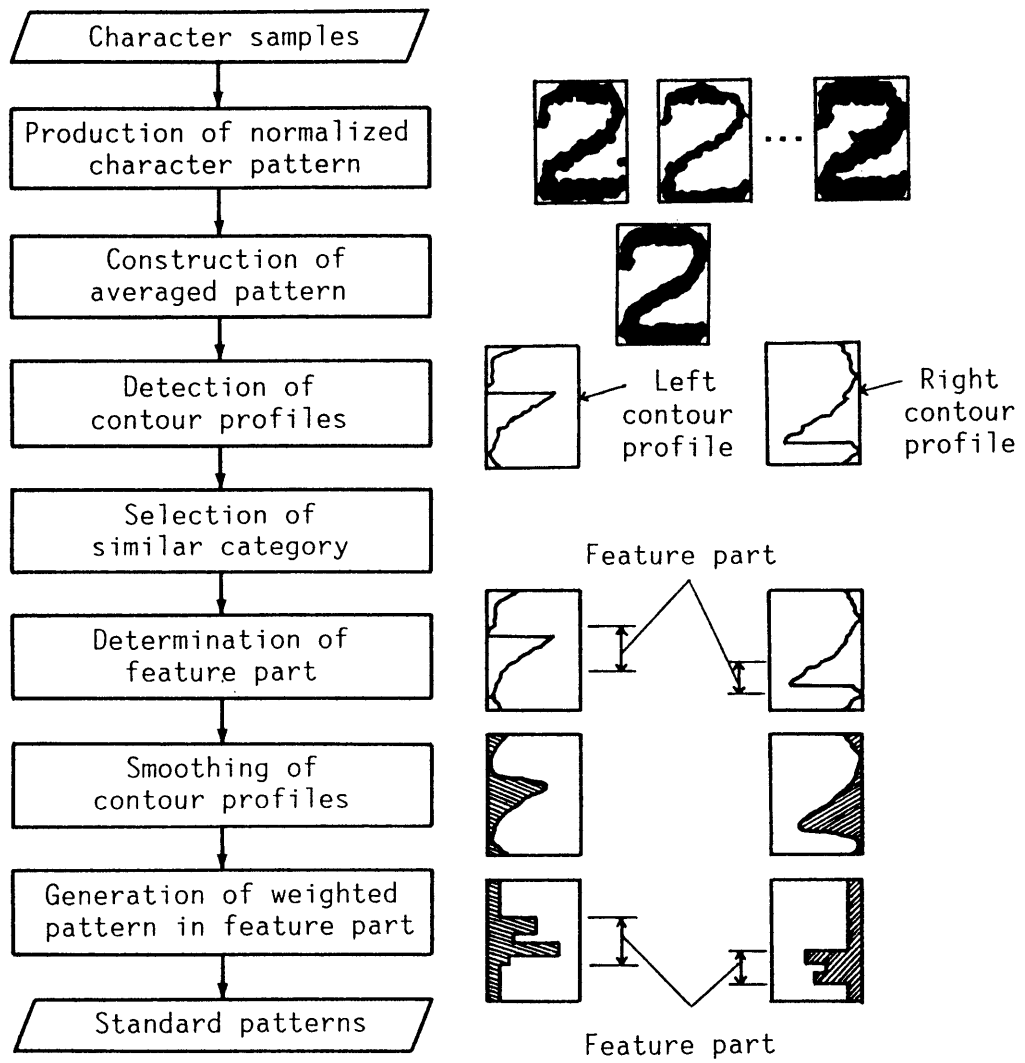


図 5.7 標準パターン自動作成の流れ

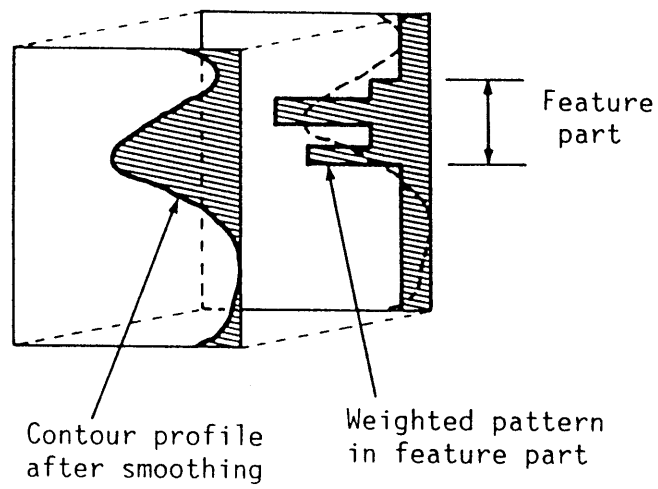


図 5.8 標準パターンの一例  
(標準パターン”3”の右からみた外郭形状)

図5.10に、認識システムの画像処理部の装置構成を示す。画像の前処理時間を短縮するため、濃度ヒストグラム作成、2値化、膨張・収縮およびランレングス符号化にはそれぞれ専用ハードウェアを用いている。

### 5.3.2 認識処理の流れ

図5.11は、車体フレーム刻印文字認識システムの処理の流れを示したものである。まず、画像を入力し濃度ヒストグラムを作成する。このヒストグラムにより判別しきい値選定法で2値化したあと、膨張・収縮により雑音を除去する。次に、ランレングス符号化により2値画像データを圧縮し、符号化したデータを用いてラベリングを行う。ラベリングした結果より、個々の文字を27画素×45画素の大きさに切り出す。文字の大きさと位置の正規化を行ったのち、左辺および右辺から見た外郭形状をそれぞれ抽出し平滑化する。外郭形状によるパターンマッチングでは、式(5.2)によって左辺および右辺に対する最小距離を計算する。文字の識別は式(5.3)の判定条件に従って行う。

## 5.4 塗装による文字の輪郭形状の変動への耐性評価に関する実験

### 5.4.1 実験方法

本識別方法の有効性を確認するために、車体フレーム刻印文字認識システムを使用して次の二つの方法で実験を行った。

#### [1] 外郭形状の変動に関する実験

類似文字を含む10字種（数字は"0","2","3","5","8"の5種類、英文字は"A","B","C","E","S"の5種類）について、自動車のフレームと同一の鋼板に字種あたり100個ずつの合計1000個の文字を打刻し、これに梨子地塗装を施したものを実験サンプルとした。実験サンプルとは別に字種あたり10個ずつの学習サンプルを選び標準パターンを作成した。

このように選んだ1000個のサンプルについて図5.11に示した認識処理の流れで、

#### (1) 外郭形状による本識別方法を用いた場合



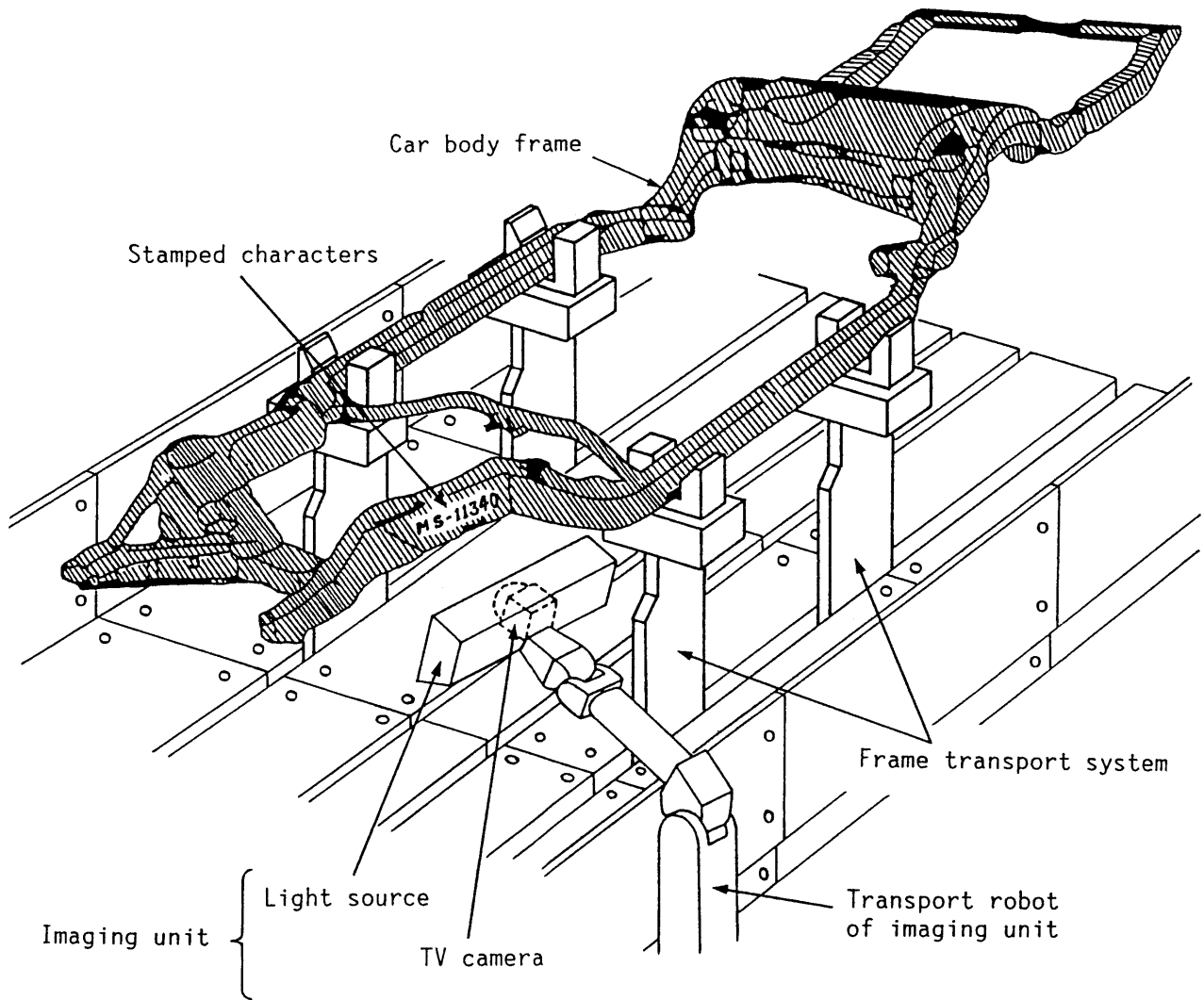


図 5.9 車体フレームと撮像部の装置構成

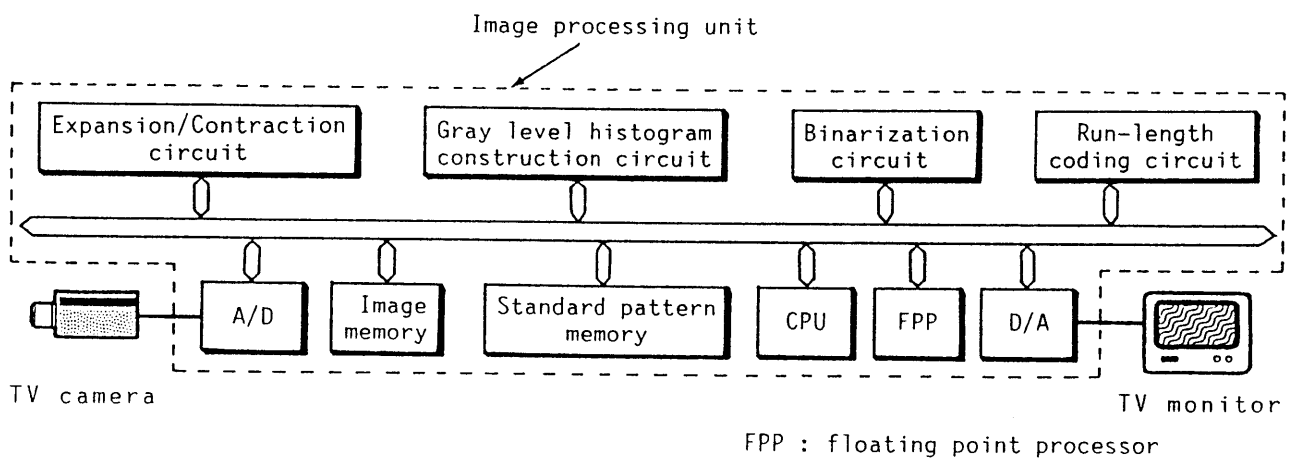


図 5.10 画像処理部の装置構成

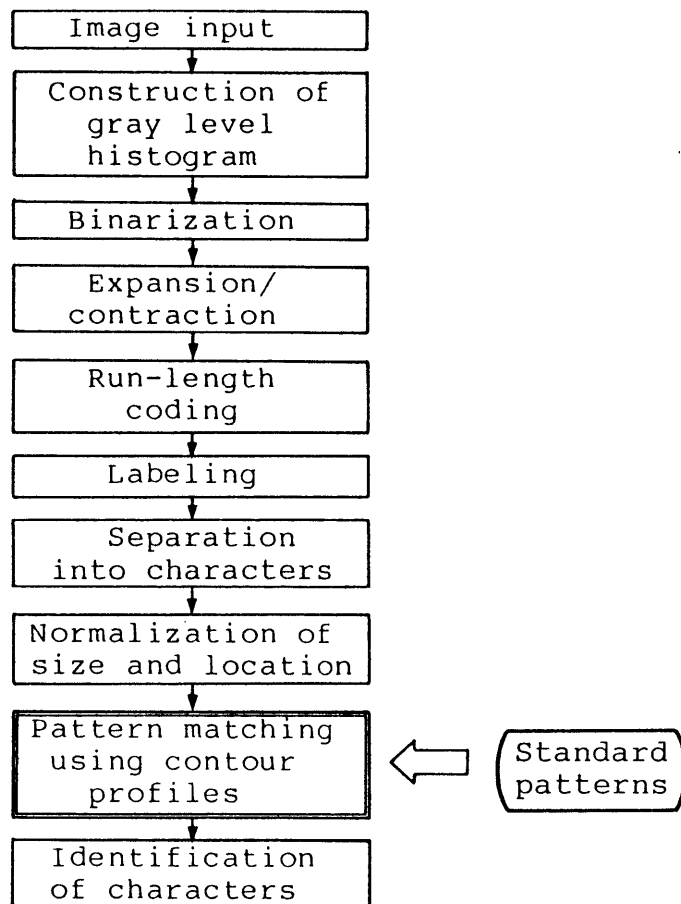


図 5.11 車体フレーム刻印文字認識システムの処理の流れ

(2) 本識別方法の代わりに複合類似度法を用いた場合

の二つについて、リジェクトを許さず第1候補の字種の正誤だけで文字を判定する方法で認識率を測定した。本識別方法では、式(5.2)により左辺Lと右辺Rに対する最小距離を計算し、二つの最小距離の和が最小となる字種を第1候補とした。また、複合類似度法では、位置ずれを考慮した標準パターンを作成し<sup>(8)</sup>、類似度が最大の字種を第1候補とした。

#### [2] 認識率調査に関する実験

図5.9に示した実際のフレームから、車体番号に使用されている15字種を実験サンプルとして抽出した。実験サンプルの数は、字種あたり200サンプルずつ合わせて3000個である。これとは別に15字種それぞれについて10個ずつの学習サンプルを選び標準パターンを作成した。この実験サンプルおよび学習サンプルは、刻印溝の輪郭部分ごとに塗料の盛り方が異なるものが多い。更に、打刻圧の変動により刻印溝の深さや幅に違いがあるサンプルも種々含まれている。このように選んだ3000個のサンプルについて、図5.11に示した認識処理の流れに従って式(5.2)の最小距離を求めることにより認識率調査を行った。リジェクトか否かの判定条件は式(5.3)に示した通りである。

#### 5.4.2 実験結果

図5.12に、外郭形状の変動に関する実験結果を示す。同図に示すように、非類似文字および類似文字("0"と"C", "5"と"S"および"8"と"B")の両方について、本識別方法は複合類似度法より良好な認識率を示している。非類似文字に関しては両方法に顕著な違いがみられない場合もあるが、類字文字については本方法の方が高い認識率を示している。特に"0"と"C"のように、文字パターンの重なりの場合には類似しているが文字線の接続の位置や方向が異なる場合には認識率の違いが著しい。

認識率調査に関する実験では誤読はなかったが、3000個のサンプルのうち2個のサンプルがリジェクトされ全体の認識率は99.9%であった。図5.13に正読例とリジェクト例を示す。同図(b)のリジェクトされたサンプル例は、刻印溝の輪郭部分

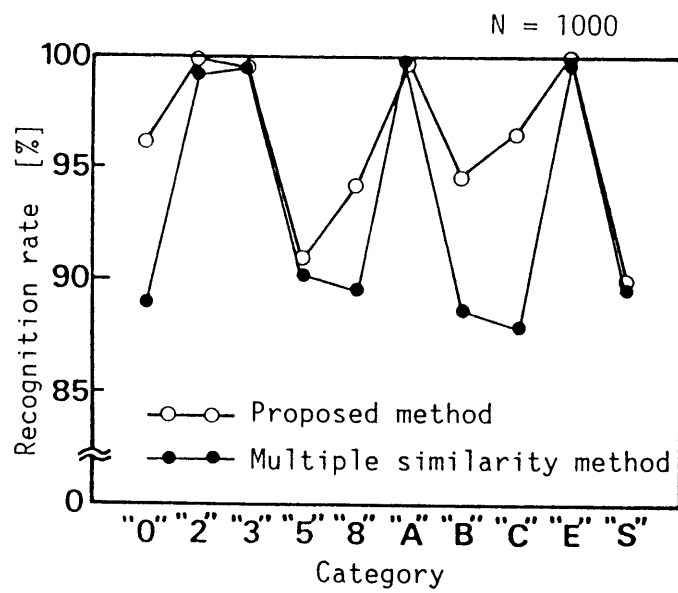


図 5.12 本手法と複合類似度法との認識率の比較



(a) Case of correct recognition



(b) Case of rejection

図 5.13 正読例とリジェクト例の比較 (2 値画像)

の盛上りが大きいいため2値化後の文字線幅が太くなって文字線が接触し、判定条件から外れたものである。

図5.14は、判定条件を満足した場合の識別の確からしさの度合を示したものである。この図では字種"1"は除外した。図5.14で、縦軸は左辺Lおよび右辺Rから見た外郭形状に対する最小距離 $L_{Dn}$ 、 $R_{Dn}$ の和の値を示している。ただし、正規化された文字パターンの幅をWとすると、Wの値で正規化して表示した。同図より、第1候補文字の分布と第2候補文字の分布とは互いに重なり合わないため、安定に文字を識別できることがわかる。以上二つの実験により、提案した方法は塗装された刻印文字の認識率向上にとって有効な方法であることが検証された。

この方法を用いた車体フレーム刻印文字認識システムの性能を表5.1に示す。認識率は、1回目の読取りでは99.9%だが、2回目の読取りを行うことにより完読することができた。これらは生産工程での実用システムの性能としてはいずれも十分な値である。

## 5.5 むすび

本章では、塗装された刻印文字認識のための文字識別方法について検討し、文字の外郭形状を特徴とした文字輪郭の凹凸に強い方法を提案した。

提案した方法は、輪郭の凹凸に強くするために、字種に固有な外郭形状を文字の特徴として抽出し、この特徴によって文字を識別する方法である。英数字10種類、1000個の塗装された刻印文字を用いた実験では、本方法は従来の代表的な方法である複合類似度法に比べ高い認識率を示した。また、実際の車体フレームで使用されている英数字15種類、3000個のサンプルについての認識率調査では、リジェクトは2サンプルあったが誤読はなく、認識率は99.9%で、この方法の有効性が確認された。

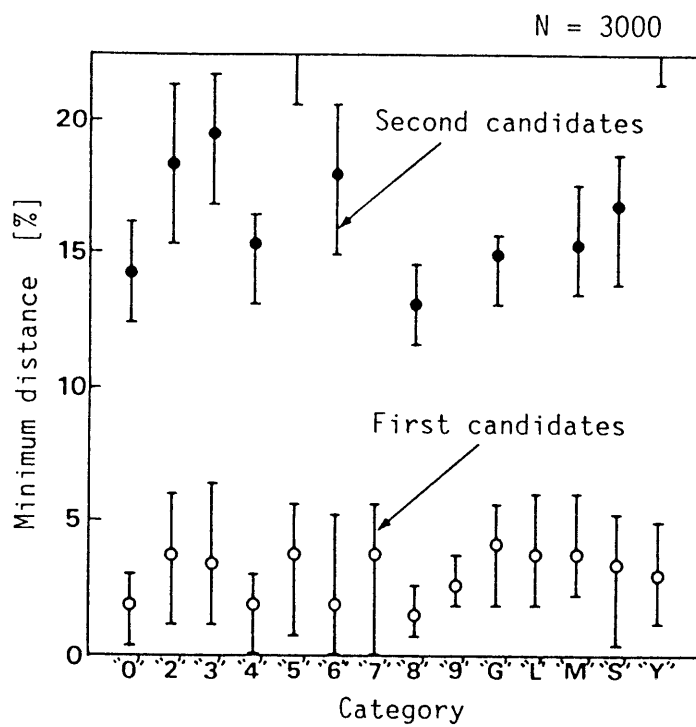


図 5.14 識別の確からしさの度合



表 5.1 車体フレーム刻印文字認識システムの性能

Object	Stamped and painted character on car body frame
Category of characters	15 kinds of alphanumerals
Number of characters	11 digits
Recognition time	3.5 sec. (design goal: less than 5.0 sec.)
Recognition rate	99.9 percent (design goal: more than 99.8 percent)
Time for standard pattern construction	4 min. for 15 kinds of standard characters, with 10 samples for each character

< 文 南大 >

- ( 1 ) J I S C 6 2 5 0 : “ 光学式文字認識のための字形 ( 英数字 ) ” ,  
日本規格協会 ( 1976 ) .
- ( 2 ) J I S C 6 2 5 3 : “ 光学式文字認識のための印字仕様 ” , 日本規格  
協会 ( 1982 ) .
- ( 3 ) 新田, 本郷 : “ 刻印文字チェッカ ” , テレビ学技報, I P A 5 8 - 2 ,  
pp. 31-36 ( 昭 57-08 ) .
- ( 4 ) Y. Hongo and A. Komuro : “ Stamped Character Inspection Apparatus  
based on The Bit Matrix Method ” , Proc. of the 6th Int. Conf. on  
Pattern Recognition, pp. 448-450 ( 1982 ) .
- ( 5 ) 中村, 須田, 深沢, 宇高 : “ 刻印文字 O C R ” , 昭 5 6 信学総全大,  
1 4 0 9 .
- ( 6 ) 中村, 酒井, 武田, 宇高, 加々美 : “ 刻印 O C R システム ” , 昭 5 8 信学  
総全大, 1 3 9 5 .
- ( 7 ) Y. Nakamura, M. Suda, K. Sakai, Y. Takeda and M. Udaka : “ Development of a  
High-Performance Stamped Character Reader ” , IEEE Trans. Ind.  
Electron., IE-33, 2, pp. 144-147 ( 1986 ) .
- ( 8 ) 中村, 須田, 林 : “ 工業応用文字読取装置 ( T O S E Y E - 1 0 0 0 ) ” ,  
信学技報, P R U 8 6 - 7 9 , pp. 69-74 ( 昭 61 ) .
- ( 9 ) 飯島 : “ パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察 ” ,  
信学論 ( D ) , 5 5 - D , 8 , pp. 507-514 ( 昭 47-08 ) .
- ( 10 ) 堤田, 小森 : “ 文字パターン外郭形状に着目した手書き英数字, 片仮名の  
類似文字識別 ” , 信学論 ( D ) , J 6 7 - D , 4 , pp. 528-535 ( 昭 59-04 ) .
- ( 11 ) 大津 : “ 判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法 ” ,  
信学論 ( D ) , J 6 3 - D , 4 , pp. 349-356 ( 昭 55-04 ) .
- ( 12 ) 中野, 武田, 山本 : “ 塗装面を背景とした刻印文字の認識方式 ” , 信学論

(D), J 7 1 - D, 6, pp. 1057-1064 (昭 63-06) .

- (13) 中野, 小関, 山本: “塗装面上の刻印文字認識方式”, 昭 6 2 信学総全大,  
1 4 6 3 .

## 第 6 章 スクリーン印刷文字の認識

### 6. 1 ま え が き

本章では、工業用文字のなかで、自動車部品に張り付けられる金属プレートなどの文字として広く用いられているスクリーン印刷文字を対象とし、スクリーン印刷文字に適した識別手法とこの手法の有効性を論ずる。

スクリーン印刷文字は、金属プレートやプリント基板などの表面に塗料を転写して印字される文字で、部品番号などを表す文字としてさまざまな分野で広く用いられている。スクリーン印刷文字は、他の工業用文字に比べて、撮像した画像での文字線の濃度のばらつき度合、および背景の濃度のばらつき度合は共に低く、文字のコントラストは高い。そのため、2値化後の文字線の変動や背景の雑音は共に少なく、種々の工業用文字のなかでは比較的容易に良好な文字画像を得ることができる。しかし、スクリーン印刷文字では人間が識別するために種々の色が用いられることがある。着色したスクリーン印刷文字をモノクロのテレビカメラで撮像し2値化すると、印刷色の違いによってスクリーン印刷した部分の画像の濃度が変わるため、文字線幅は微妙に異なってしまう。また、転写による文字外周の変動のため、位置ずれの発生は避けられないという問題がある。更に、自動車部品の生産工程でのスクリーン印刷文字認識は、簡便で高速に行われることが重要である。生産現場では、新しい字種の追加や変更を迅速に行うために、標準パターンの作成および変更を容易に行えることも必要である。

簡便な認識アルゴリズムをもち標準パターンの作成も容易に行える従来の手法として、定点サンプリング法<sup>(3)・(4)</sup>が知られている。しかし、従来の定点サンプリング法のままでは、スクリーン印刷文字のように印刷色の違いによる文字線幅の変動や転写による位置ずれが生じる文字の認識は難しい。文字線幅の変動や位置ずれが生じる文字には、従来の手法<sup>(5)・(6)</sup>を用いることも考えられる。しかし、スクリーン印刷文字では、変動の程度がそれほど大きくないこと、ならびに高速な処理が要

求されることなどから、従来の定点サンプリング法を改良する方がより実用的である。

本章では、定点サンプリング法を改良した高速で簡便なスクリーン印刷文字識別手法<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup>を提案する。この手法では、標準の定点パターン（以下、標準パターンと略す）を何層かの領域に分けておき、定点との重なり具合を層ごとに求めた後、各層の重なり具合の分布の様子からスクリーン印刷文字を正確に識別する。この方法により、従来の定点サンプリング法と比較して、同程度の処理時間で、より安定にスクリーン印刷文字を認識できるようになった。

## 6. 2 スクリーン印刷文字の識別方法

### 6. 2. 1 定点サンプリング法を改良した文字識別の原理

従来の定点サンプリング法は、入力パターンを標準パターンと逐次重ね合わせ、一致した定点の割合あるいは不一致となった定点の割合（以下、これを不一致度と呼ぶ）の大小で文字を識別する方法である。この方法での不一致度は、重ね合わせに用いた全定点に対する不一致となった定点の割合である。

スクリーン印刷文字は、通常十数種類の色が用いられる。このように多くの色をもつスクリーン印刷文字をテレビカメラで撮像すると、印刷色ごとに文字の濃度が異なり、印刷色によっては文字の周辺部が不鮮明になる。そのため、撮像した画像を2値化すると印刷色により文字線幅は微妙に異なることが多い。更に、スクリーン印刷文字は転写によるため文字周辺の変動による位置ずれの発生は避けられない。

図6.1は、このようなスクリーン印刷文字を定点サンプリング法によって識別する場合の問題点を示したものである。同図に示すように、文字線幅の変動や位置ずれがあると不一致となる定点数が増え、同一字種であっても標準パターンとの不一致度は大きくなる。文字線幅の変動や位置ずれにより不一致度が上がり類似した字種との不一致度に近くなると、両者の区別が難しくなり、そのため入力した文字の識別は容易でない。

提案した手法は、文字線幅の変動や位置ずれがあっても同一字種と類似した他字

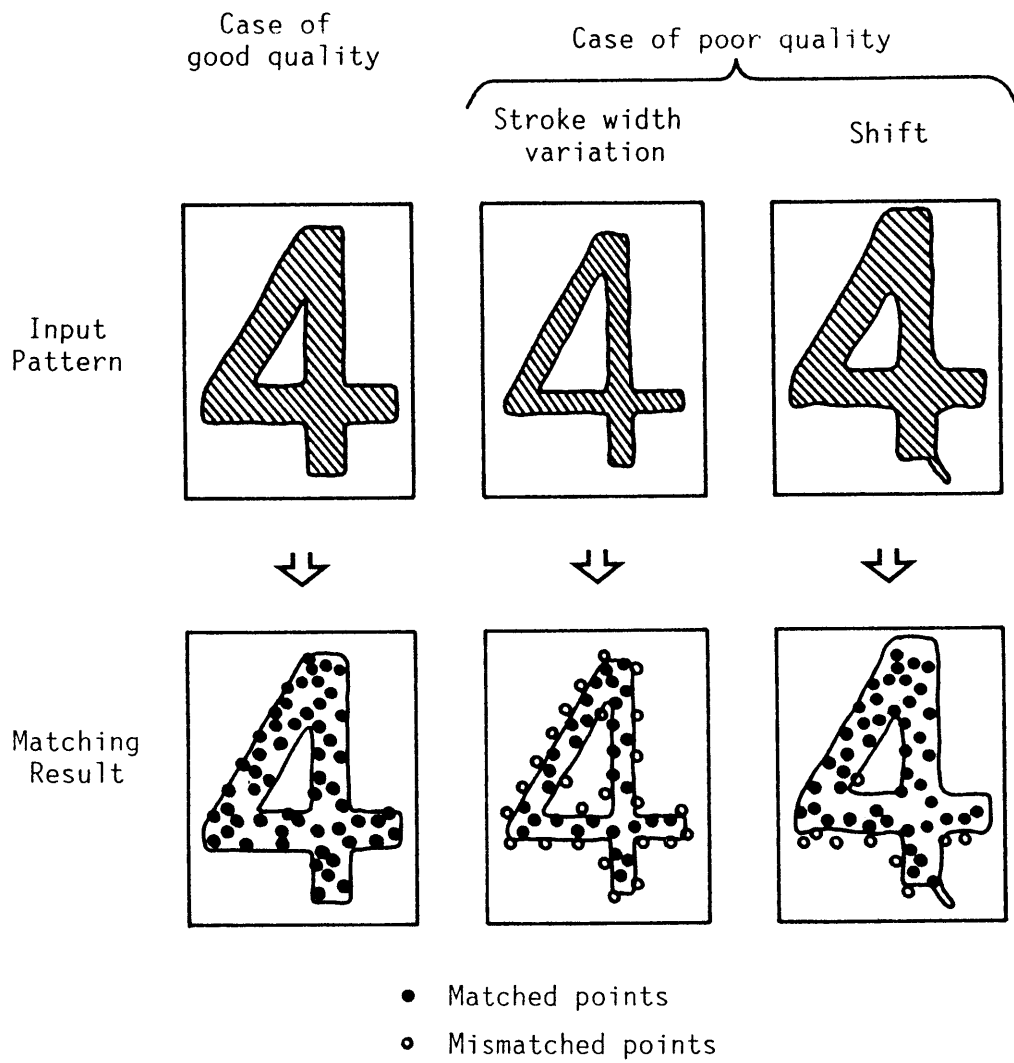


図 6.1 従来の定点サンプリング法による文字識別の問題点

種とを正確に識別するために、従来の定点サンプリング法を改良した方法で、標準パターンを何層かの領域に分け層ごとの不一致度の分布の様子から安定に文字を識別しようとするものである。図6.2は、本識別手法の原理を示したものである。同図(a)(左側)は入力パターンを同一字種と重ね合わせた場合であり、同図(b)

(右側)は入力パターンを他字種と重ね合わせた場合である。同図において、2値化・位置正規化後の入力パターンを距離変換により何層かの領域に分けた標準パターンと層ごとに重ね合わせ、各層での不一致度を求める。一つの層における不一致度を層の番号ごとに表示しその分布の様子をみると、同一字種では文字線幅の変動や位置ずれに起因する不一致点は文字部と背景部との境界の領域(以下、境界層という)である層1, 2に集中するが、異なる字種では境界層以外のすべての層1~4に分布していることがわかる。そこで、各層における部分的な不一致度が境界層以外の層に広がる程度を分散値として求め、この分散値の大小で文字の識別を行う。

分散値は以下に示す式によって計算する。層番号 $l$ に属する全定点の数を $N_l$ 、不一致点の数を $n_l$ とすると、層番号 $l$ における部分的な不一致度 $Z_l$ は、

$$Z_l \equiv n_l / N_l \quad (6.1)$$

文字部分の層番号を境界層から順に $0, 1, \dots, l_c$ とし、背景部分の層番号を境界層から順に $-1, -2, \dots, -l_b$ とする。層番号 $l$ に対する不一致度 $Z_l$ の分布より、層 $l$ に関する平均値 $l_{av}$ を、

$$l_{av} = \frac{\sum_{l=-l_b}^{l_c} l \cdot Z_l}{\sum_{l=-l_b}^{l_c} Z_l} \quad (6.2)$$

とし、分散値 $\sigma_l^2$ を、

$$\sigma_l^2 = \frac{\sum_{l=-l_b}^{l_c} (l - l_{av})^2 \cdot Z_l}{\sum_{l=-l_b}^{l_c} Z_l} \quad (6.3)$$

によって求める。

標準パターンの定点は、各層とも一部に偏らないよう均一に選ぶが、類似した字

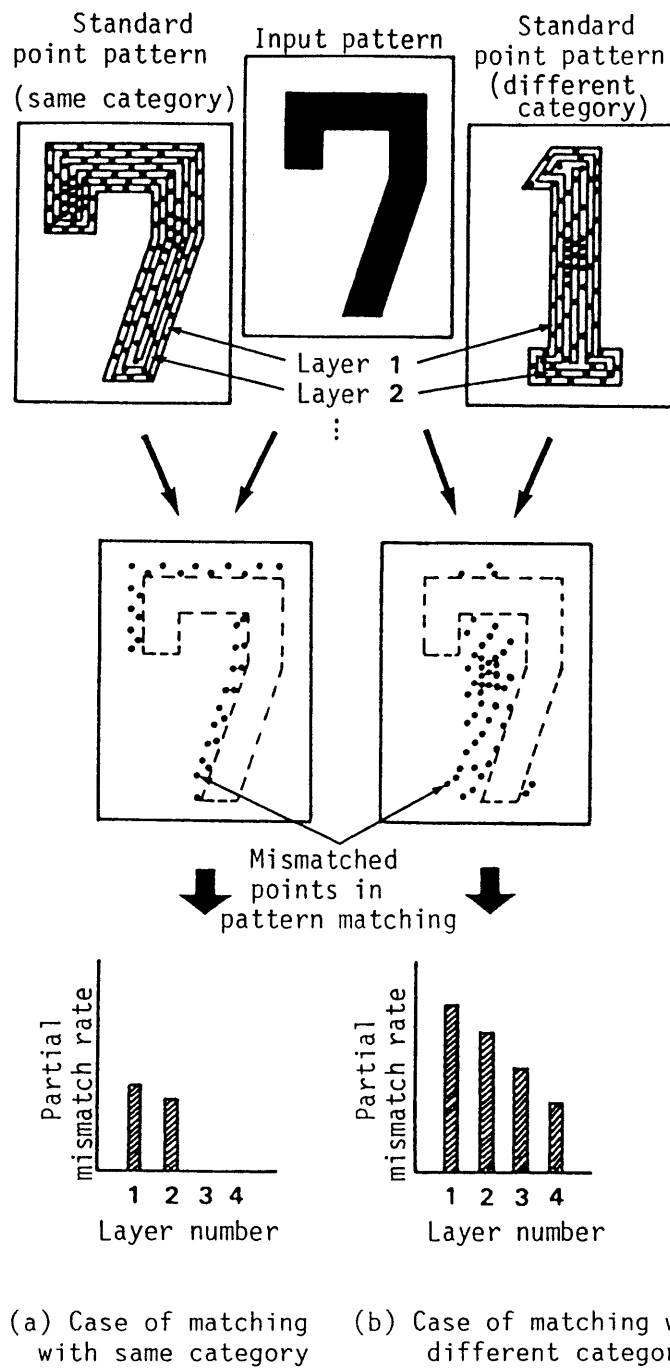


図 6.2 定点サンプリング法を改良したスクリーン印刷文字識別の原理



種（例えば，“0”と“C”，“5”と“S”，“8”と“B”など）を正確に識別するため，類似した字種との違いが大きな領域からは他の領域より多くの点を抽出して作成する。また，図6.2の標準パターンは，文字部のみ層別しているが，類似字種に応じて背景部も層別して定点を抽出し作成する。1文字の大きさが約40画素×65画素で文字部と背景部を層別した場合，定点の数は300点前後である。

#### 6. 2. 2 スクリーン印刷文字認識の基本的な流れ

図6.3は，6.2.1の原理に基づくスクリーン印刷文字認識の基本的な流れを示したもので，破線内が本識別方法である。まず，撮像した画像を予め与えた固定しきい値で2値化し，個々の文字を切り出す。次に，個々の文字ごとに文字外接枠の中心を基準点に合わせて位置の正規化を行い標準パターンとマッチングする。このマッチングでは，まず従来の定点サンプリング法と同様に一つの文字の全定点による不一致度の大小によりリジェクトか否かの判定を行う。続いて，リジェクトされた文字について層ごとの部分的な不一致度を求め，各層の不一致度が幾層かに分布する度合を分散値として計算し，分散値の大小でリジェクトか否かを判定する。

#### 6. 2. 3 定点の選択を特徴とした標準パターンの自動作成

人間の判断で標準パターンを作成すると，適切な定点を選択することは難しく，また時間もかかる。そこで，標準パターンの自動作成を行った。図6.4に標準パターン作成の流れを示す。まず，実際に使われている文字サンプルを字種ごとおよび印刷色ごとに多数収集した後，それぞれの文字サンプルの2値画像を登録しておく。その後，これらの2値画像を用いて，類似字種を考慮した標準パターンを計算機により数分程度で自動的に作成する。以下，自動作成の手順を詳細に示す。まず，字種ごとに用意した複数の2値画像を正規化された位置で重ね合わせ，文字部を表す画素の頻度分布を求める。この頻度分布より文字部となる確率が50%前後の画素を除き，文字部となる確率が高い画素と背景部となる確率が高い画素を選ぶ。この処理は，文字部と背景部の境界付近の不安定な領域を除き，安定な文字部の領域と安定な背景部の領域を抽出するために行うものである。次に，安定な文字部と安定な

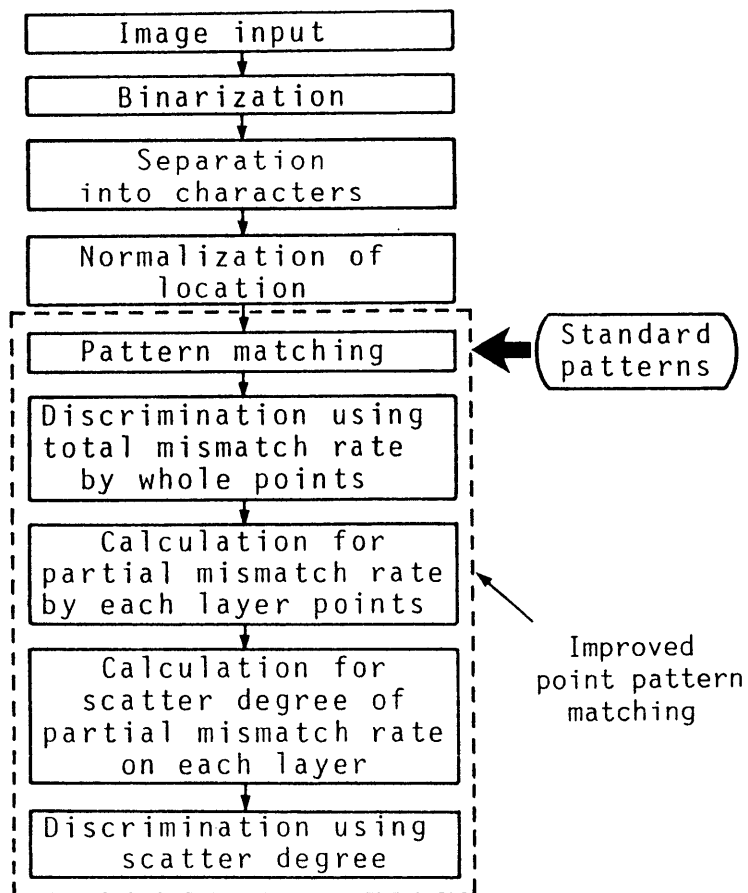


図 6.3 スクリーン印刷文字認識の基本的な流れ

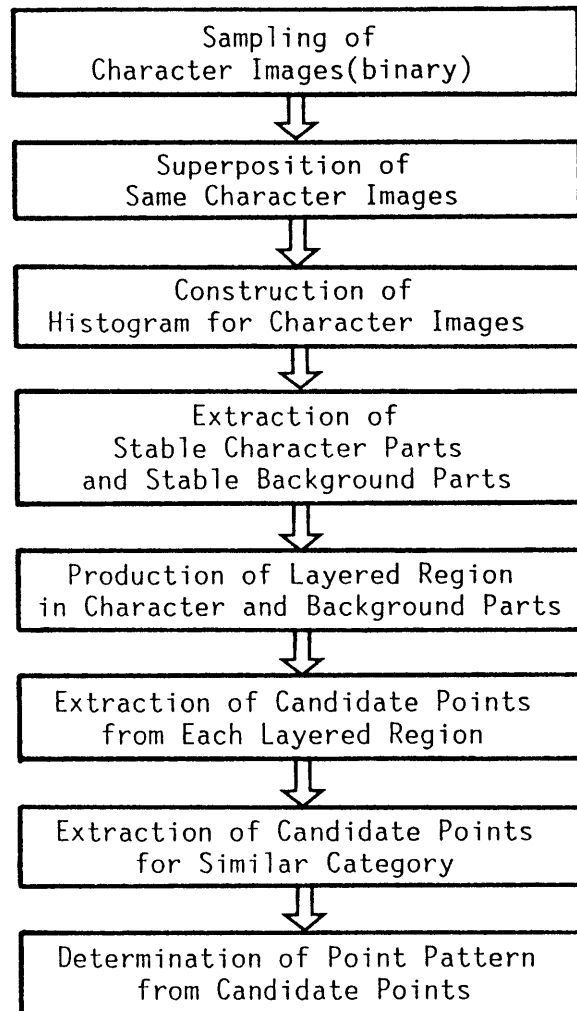


図 6.4 標準パターン作成の流れ

背景部の領域をそれぞれ距離変換によって何層かの領域に分割し、各層からそれぞれ同程度の数の定点の候補を選択する。また、類似した字種を正確に識別するため、類似字種との違いが大きく差異を強調できる領域から類似の程度に応じて定点の候補を選ぶ。最後に、抽出した定点の候補を用いて、テストサンプルの文字とのパターンマッチングを行い、不一致度を計算する。識別のための判定基準によって認識率を求め、認識率が上がるように定点の選択を行ったのち、最終的な定点の集合を決定して標準パターンを作成する。

字種の追加や変更を行う場合には、追加・変更する字種のサンプルを現場で収集しその2値画像を登録し、以前に登録してある他の字種の2値画像と組み合わせて新しい標準パターンを迅速に作成することができる。

### 6. 3 金属プレートのスクリーン印刷文字認識装置

#### 6. 3. 1 装置構成

本識別手法を用いて金属プレートのスクリーン印刷文字認識装置を開発した。図6.5に、自動車部品に張り付けられるアルミ製金属プレートを示す。このプレートの大きさは50 mm (W) × 20 mm (H) である。スクリーン印刷文字は、プレートごとに白、赤、青、緑、黒など17色に色分けされており、1文字の大きさは1.0 mm (W) × 2.0 mm (H) 程度である。1枚のプレートは、文字部がスクリーン印刷されたものと背景部がスクリーン印刷されたものとの2種類の文字から成り、この文字が3ブロックに分かれて印刷されている。認識すべき文字は英数字20種類（英文字10字種、数字10字種）で、3ブロックに分かれた合計10けたを認識する。

図6.6にこの装置の撮像部の構成を示す。撮像部は、光源、ハーフミラーおよびITVカメラから構成し、移動機構によって上下に移動できるようになっている。認識対象の金属プレートは自動車部品に張り付けられており、この自動車部品は搬送機構によって運ばれる。撮像部は、自動車部品が搬送される途中では上側に据え付けられており、自動車部品が所定の位置で停止すると下側へ移動して止まり、金

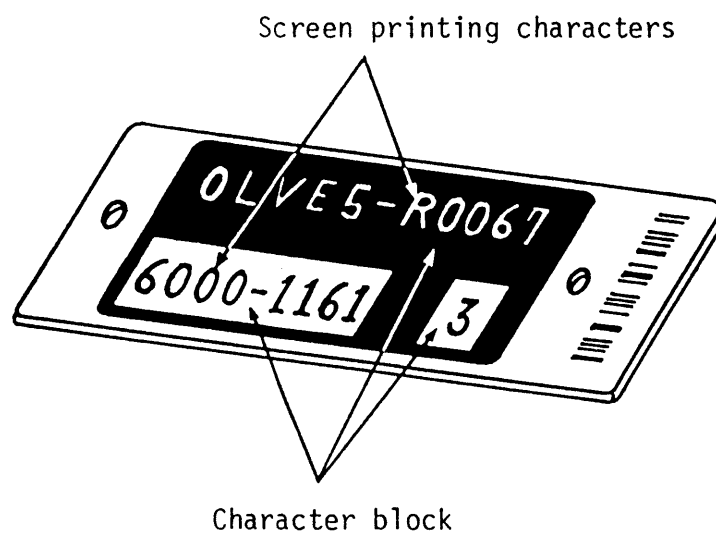


図 6.5 金属プレートのスクリーン印刷文字

属プレートの直前に位置決めされる。その後、スクリーン印刷文字は撮像部によって入力され、そのデータは認識処理部へ送られる。

図6.7にこの装置の認識処理部の構成を示す。処理部は、文字認識の前処理である2値化、雑音除去並びにランレングス符号化を高速に実行するために開発した専用ハードウェアを備えている。

### 6. 3. 2 認識処理の流れ

図6.8は、6.2.1の原理に基づく金属プレート文字認識の処理の流れである。まず、画像入力し2値化したあと、膨張・収縮処理によって雑音を除去する。ランレングス符号化により2値画像をデータ圧縮し、符号化したデータを用いることによって文字列を含む3ブロックの領域の検出と各ブロックにおける個々の文字の切出しを高速に行う。その後、文字ごとに位置を正規化し、改良した定点サンプリング法により文字を識別する。

文字識別では、次の二つの条件のうちどちらかを満たした第1候補の字種を識別結果とする。

- ① 図6.3において、全定点による不一致度が最も小さい字種を第1候補、この不一致度が次に小さい字種を第2候補としたとき、第1候補の不一致度が所定の値以下で第1候補と第2候補の不一致度の差が所定の値以上である場合。
- ② ①の第1候補の字種について、層ごとの部分的な不一致度の分布の様子を表す分散値が所定の値以下である場合。

この二つの条件のいずれも満足しない場合には、リジェクトとする。

## 6. 4 スクリーン印刷による文字変動への耐性評価に関する実験

### 6. 4. 1 実験方法

本識別手法の効果を確認するため、図6.5に示した金属プレートの17色のスクリーン印刷文字を使用して従来の定点サンプリング法と本識別方法のリジェクト率を次の二つの実験方法により求め比較した。二つの実験はそれぞれ文字線幅の変動、

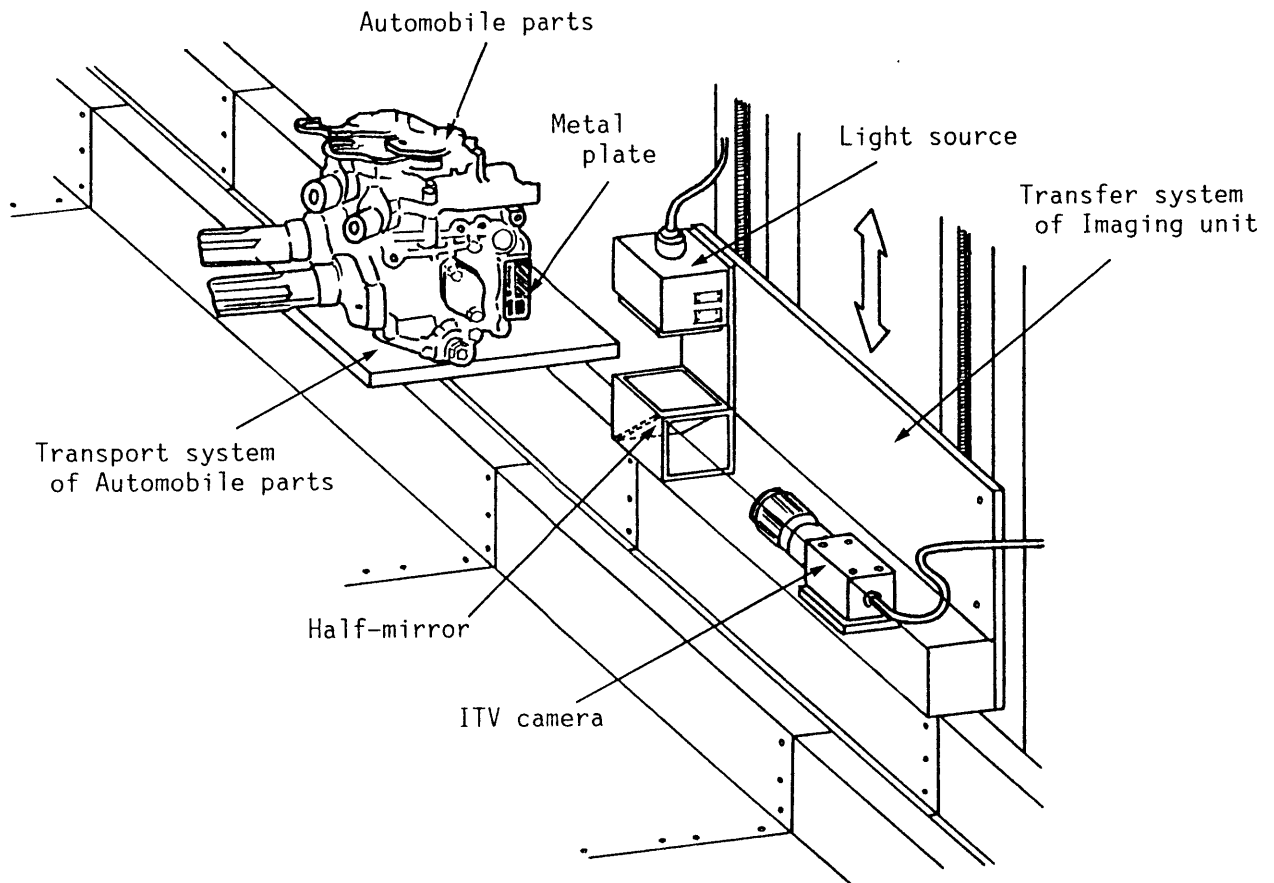


図 6.6 撮像装置の構成

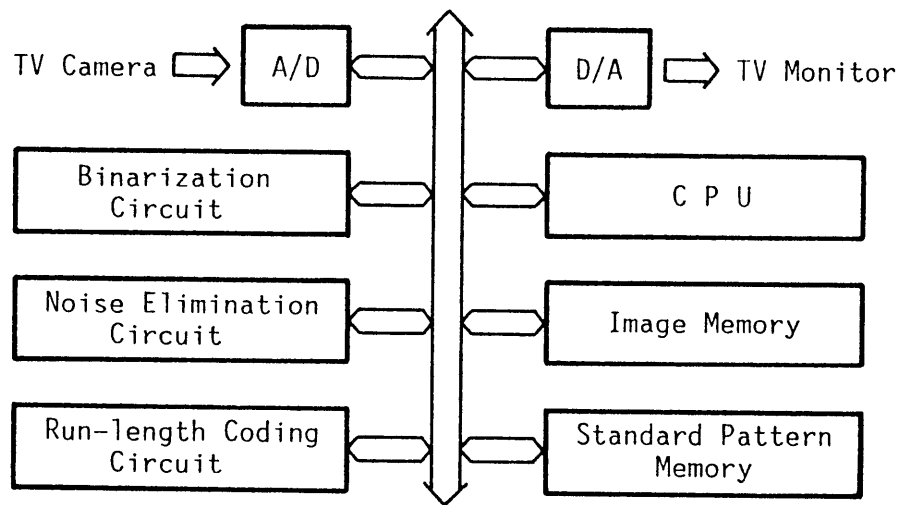


図 6.7 スクリーン印刷文字認識処理装置の構成



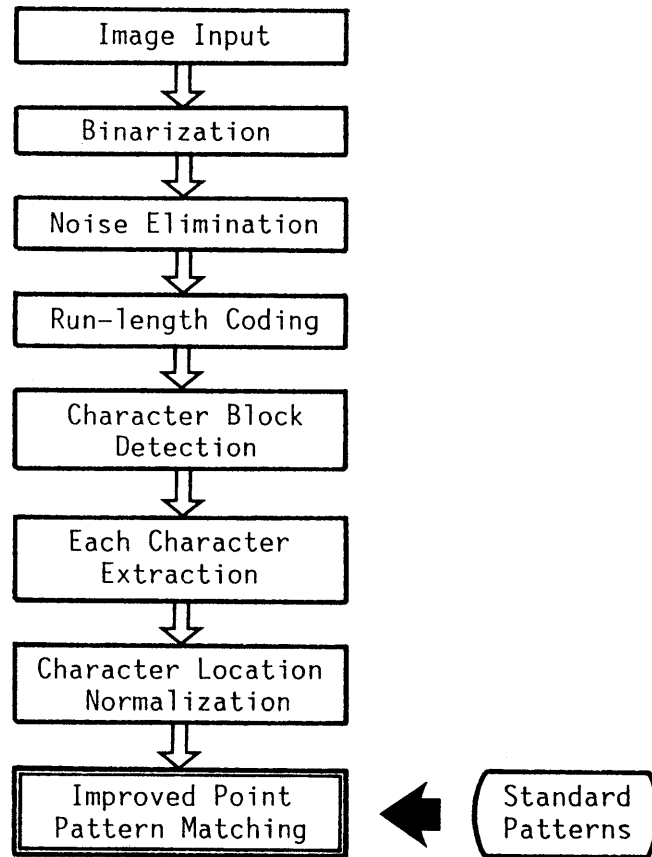


図 6.8 金属プレートのスクリーン印刷文字認識処理の流れ

位置ずれへの耐性評価を行ったものである。

#### 〔1〕 文字線幅の変動に関する実験

17色のスクリーン印刷文字の平均文字線幅は、固定しきい値で2値化すると5画素（白色）から9画素（黒色）で変化する。そこで、17色それぞれのプレートから100文字ずつ合計1700文字を実験サンプルとして選び、これとは別に用意した平均文字線幅約7画素となる緑色のプレートから字種あたり10文字ずつを学習サンプルとして標準パターンを作成して実験を行った。

#### 〔2〕 位置ずれに関する実験

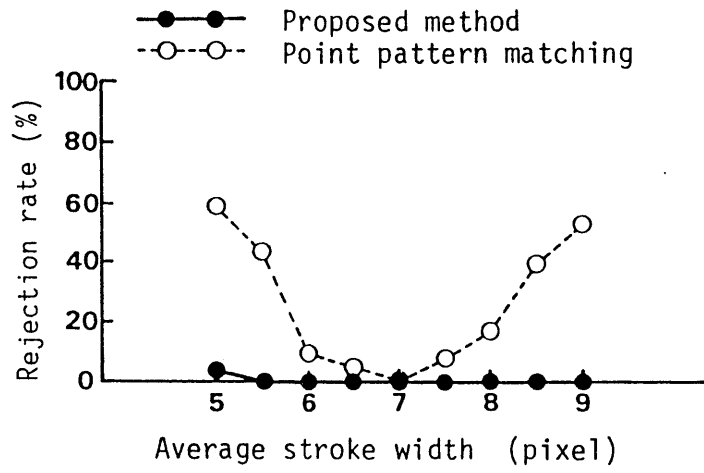
17色それぞれ50枚ずつのプレートを選び、同じ色で同じ字種ごとに2値化した文字パターンを用意する。これらの文字パターンについて文字の外接枠中心を基準位置に合わせて位置の正規化を行う。この正規化後の位置ずれは、水平・垂直方向で最大 $2t$ （ $t$ ：画素ピッチ）、斜め $45^\circ$ 方向で最大 $2\tau$ （ $\tau$ ： $45^\circ$ 方向の画素ピッチ）であった。そこで、17色のうち一つの色に限定して字種ごとに50文字ずつ合計1000文字を実験サンプルとし、これとは別に同じ色のプレートから字種あたり10文字ずつ選んだ学習サンプルで標準パターンを作成した。リジェクトの条件は、6.3.2と同じである。

### 6.4.2 実験結果

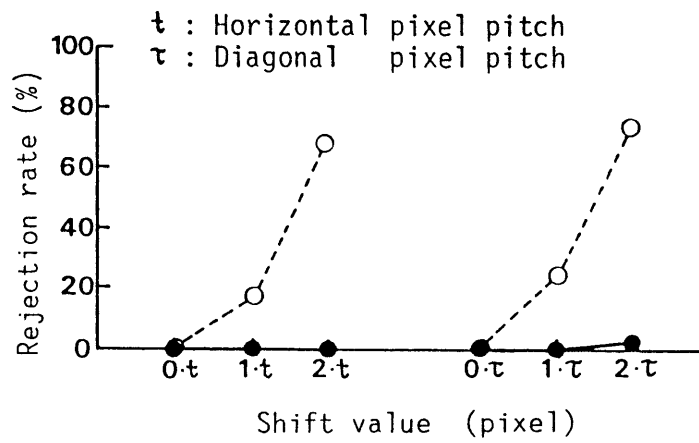
図6.9(a)に文字線幅の変動に関する実験の結果を、図6.9(b)に位置ずれに関する実験の結果を示す。図6.9に示すように、本識別手法は従来の定点サンプリング法に比べて大幅にリジェクト率を低減できる効果があり、文字線幅の変動や位置ずれに強い有効な手法であることが確認された。

また、本識別手法は従来の定点サンプリング法に比べて、標準パターンの容量は約1.1倍、処理速度は約1.2倍と同程度であり、標準パターンの構成が小容量で、かつ高速であることが検証された。

なお、本認識手法において、図6.9(a)では平均文字線幅5画素の白色サンプルで3文字（リジェクト率3%）、図6.9(b)では斜め $45^\circ$ 方向 $2\tau$ の位置ずれのもので2文字（リジェクト率0.2%）のリジェクトがあった。図6.10にリジェクト



(a) Effect of stroke width variation



(b) Effect of shift

図 6.9 本手法による文字認識率の改善効果

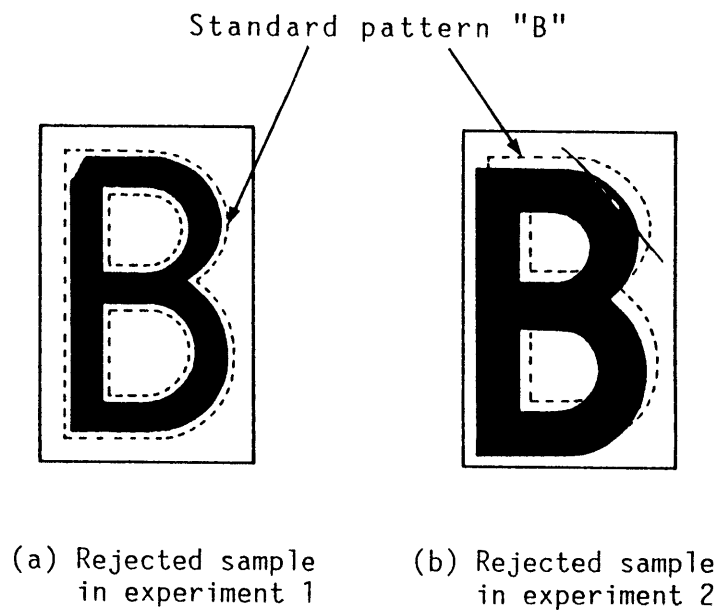


図 6.10 リジェクトとなった文字サンプル例 (2 値画像)

となった文字サンプル例を示す。図6.10で、破線は標準パターン“B”を表している。これらは、いずれも塗料の転写後のキズによるもので、このような不良品は実際の生産工程では事前のチェックによって除外されるため、認識上問題はない。

表6.1に金属プレートのスクリーン印刷文字認識装置の性能を示す。認識時間および認識率は共に目標性能を満足し、標準パターンの作成も現場で迅速に行えることから、生産工程における実用装置として十分な性能であることがわかる。

## 6.5 むすび

本章では、スクリーン印刷文字認識のための文字識別手法について検討し、従来の定点サンプリング法を改良した方法を提案した。

スクリーン印刷文字は、印刷色が異なるため2値化後の文字線幅が異なったり、転写によるため位置ずれは避けられない。本識別手法は従来の定点サンプリング法を改良した手法で、標準パターンを何層かの領域に分け、層ごとの部分的な不一致度の分布の広がりの度合から正確に文字の識別を行う方法である。

この手法を用いて金属プレートの17色のスクリーン印刷文字を認識したところ、標準の文字線幅に比べて2画素細い白色の文字で3%、斜め45°方向に2画素の位置ずれがある文字で0.2%のリジェクトがあったが、従来の定点サンプリング法に比べ大幅にリジェクト率を低減できた。また、金属プレートのスクリーン印刷文字認識装置では99.9%の認識率が得られ、この手法の有効性および実用性を確認することができた。

表 6.1 認識装置の性能

Object	17 colour screen printing character
Category of characters	20 kinds of alphanumerals
Number of characters	10 digits on 3 character blocks altogether
Recognition time	2.2 sec. (design goal: less than 4.0 sec.)
Recognition rate	99.9 percent (design goal: more than 99.8 percent)
Time for standard pattern construction	5 min. for 20 kinds of standard characters, with 10 samples for each character

< 文 南大 >

- (1) 中野, 山本: “スクリーン印刷文字認識のための定点サンプリング法の改良”, 信学論(D), J 7 2 - D - II, 1, pp.197-200 (平01-01).
- (2) 武田, 加瀬, 中野, 山本: “ラベル刻印番号認識のための定点サンプリング法の改良”, 昭62信学総全大, 1464.
- (3) R. Casey and G. Nagy: “Recognition of printed chinese characters”, IEEE Trans. Electron. Comput., EC-15, 1, pp.91-101 (1966).
- (4) 山本, 中田, ほか: “漢字パターンの2, 3の性質”, 昭46情処学全大, 163-169.
- (5) 山田, 小森, 田島: “度数計指数文字の識別”, 通研実報, 23, 12, pp.169-187 (1974).
- (6) 山田, 斉藤, 森: “類似度法の一改良 — ずらし類似度”, 信学論(D), J 6 4 - D, 10, pp.970-976 (昭56-10).

## 第 7 章 レーザマーキング文字の認識

### 7. 1 ま え が き

本章では、工業用文字の一つであるレーザマーキング文字について、その識別方法と有効性を論ずる。

レーザマーキング文字は工業用印刷文字の一種で、種々の工業用文字のなかではスクリーン印刷文字と同様に文字品質が良好である。従って、撮像した画像での文字線の濃度のばらつき度合、背景の濃度のばらつき度合は共に低く、2値化後の文字線の変動は少ない。しかし、金属表面を酸化させて文字を印字するため、他の工業用印刷文字（キーボードの印刷文字<sup>(1)</sup>・<sup>(2)</sup>やプリント基板のスクリーン印刷文字など）に比べて、文字のコントラストは低くなり、文字部と背景部との境界が不鮮明になったり、背景の雑音などが生じ易い。また、レーザマーキング文字は生産指示情報を示す文字として広く活用され、例えば自動車部品では多くの品種の品番として用いられ、種々のレーザマーカが使用される。レーザマーキング文字は、通常の印刷文字のフォントのように字形が規格化されておらず、使用するレーザマーカごとに字形が変わるため、字形によっては似通った字種が多くなる。更に、通常の印刷文字に比べて、文字の欠けやキズなどの変形が多く、同一字種との一致の度合（一致度）は下がり易いため、類似した字種は多数となりやすい。この類似文字はレーザマーカの変更により今後も増加する傾向にあるため、レーザマーキング文字における類似文字認識は最も重要である。更に、字体の変更や字種の追加・変更に対応することも欠かせないため、標準パターンを自動作成する機能も必要となる。

従来、文字認識の方法には重ね合わせ法と構造解析法という二つの大きな流れがあるが、工業用印刷文字の認識では、局所的な雑音や歪みに強いこと、標準パターンの自動作成が容易にできることなどの要求により、重ね合わせ法が多く用いられている。重ね合わせ法に基づく工業用印刷文字認識の従来の研究<sup>(1)～(5)</sup>のなかで、



類似文字を対象とした研究は少ない。

本郷ら<sup>(1)</sup>は、キーボードの印刷文字の認識に独自のビットマトリクス法を用いている。しかし、この方法は、汚れやカスレ・切れのある文字には適用できるが、類似文字識別のための特別な特徴量を備えていないので類似文字の識別は難しい場合がある。

中村ら<sup>(4)・(5)</sup>は、複合類似度法<sup>(6)</sup>を用いてプリント基板に印字された印刷文字などの認識を行っている。しかし、この方法を用いた市販の工業用文字認識装置<sup>(5)</sup>では文字の主要な変動を位置ずれによるものとして標準パターンを作成しており、このままでは類似文字を安定に識別できない場合がある。

肥塚ら<sup>(2)・(3)</sup>は、太り・細り標準パターンに加えて類似文字識別用の特徴標準パターンを用いる方法でキーボードの印刷文字の認識を行っている。しかし、一つの字種に多数の類似した字種がある場合、この方法による特徴標準パターンの重み係数の設定では類似性の低い文字との一致度が上がり、すべての類似文字を安定に識別することができない場合がある。

本章では、従来の工業用印刷文字の認識方法では認識が容易でなかった多数の類似文字をもつレーザーマーキング文字を安定に認識する方法を提案する<sup>(10)・(11)</sup>。更に、字体の変更や字種の追加・変更を迅速に行うため、標準パターンを短時間に自動作成する方法も示す。

提案する方法は、類似文字を安定に識別するために類似字種との違いが大きな領域（以下、これを特徴領域とよぶ）を抽出し、この領域に他の領域より大きな重みを設けて重ね合わせ一致度を計算する方法で、重み付けマッチング法を改良した方法である。この方法では、多数の類似文字があっても、それぞれの類似文字の類似の程度に応じて特徴領域を細分化した小領域ごとに重みを変えることにより、すべての類似文字を安定に識別できるように工夫した点に特徴がある。しかも、重みは、人為的に決めるのではなく、各類似文字の類似性の高さや重み付けによる他の字種への影響を考慮して自動的に決定する。この方法により、多数の類似文字を持つレーザーマーキング文字を安定に識別することができるようになった。更に、標準パターンを短時間で自動作成することにより省力化を図ることも可能になった。

## 7. 2 レーザマーキング文字の識別方法

### 7. 2. 1 重み付けマッチング法を改良した文字識別の原理

レーザマーキング文字は、コントラストが低いため撮像した画像の文字部と背景部との境界が不鮮明になりやすい。また、字形が規格化されておらず文字変形もあるため、字形によっては似通った字種が増え、一つの字種に対して類似した字種が多数あることが多い。しかも、類似字種は使用するレーザマーカごとに異なる。図7.1は、レーザマーキング文字の類似文字の一例を示したもので、図7.1(a)，(b)はそれぞれ字種"0"，"B"に対するいくつかの類似字種を表している。

提案するレーザマーキング文字の識別方法は、入力した文字パターンと標準パターンとの重ね合わせにより一致度を計算し、この一致度で文字を識別する方法である。レーザマーキング文字では、同一字種の標準パターンとの一致度は下がる一方、類似字種の標準パターンとの一致度は類似性の高さに応じて上がるため、両者を正確に区別することができなくなり、従来の方法のままでは類似文字を安定に識別することは難しい。このようなレーザマーキング文字において、同一字種の標準パターンとの一致度が下がった場合でも類似文字と識別するためには、類似字種との違いが大きな特徴領域を他の領域より強調して類似字種の標準パターンとの一致度を下げる方法が有効であると考えられる。更に、多数の類似文字をすべて識別するには、特徴領域を細分化した領域ごとに、他の類似字種への重み付けの影響を考慮しながら逐次重みを変える方法がより効果的である。

図7.2は、従来の重み付けマッチング法を改良した類似文字識別の原理を示したものである。まず、同図(a)に示す文字位置の正規化を行った入力パターンと同図(b)に示す標準パターンとを重ね合わせる。同図(c)は、二つのパターンの重ね合わせで互いに重なり合わない不一致の領域を抽出した様子を示したものである。次に、同図(d)に示すようにこの不一致領域の中で標準パターンの特徴領域に相当する領域に重みを付けて不一致の大きさを強調する。この重みは、それぞれの類似文字の類似性の高さと同重み付けによる他の類似文字への影響を考慮して予め標準パターンの

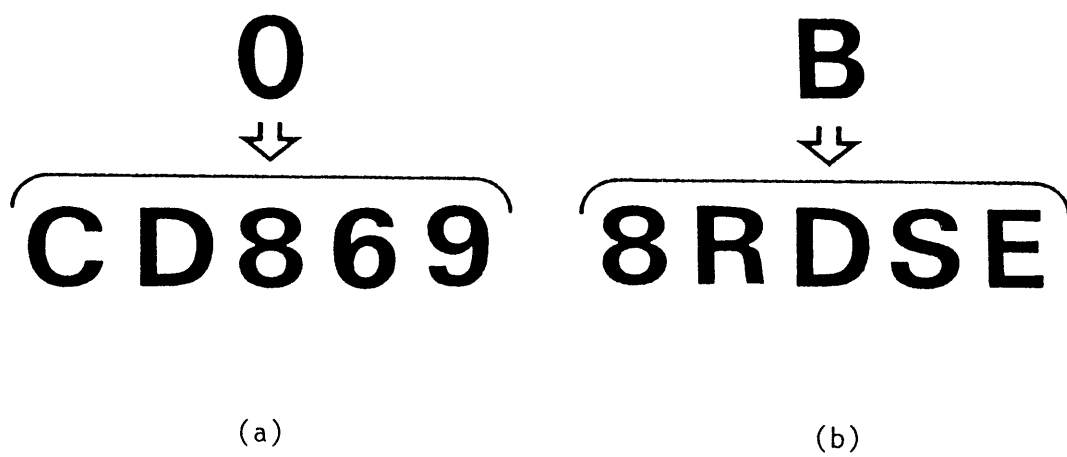


図 7.1 類似した字種の一例（2 値画像）

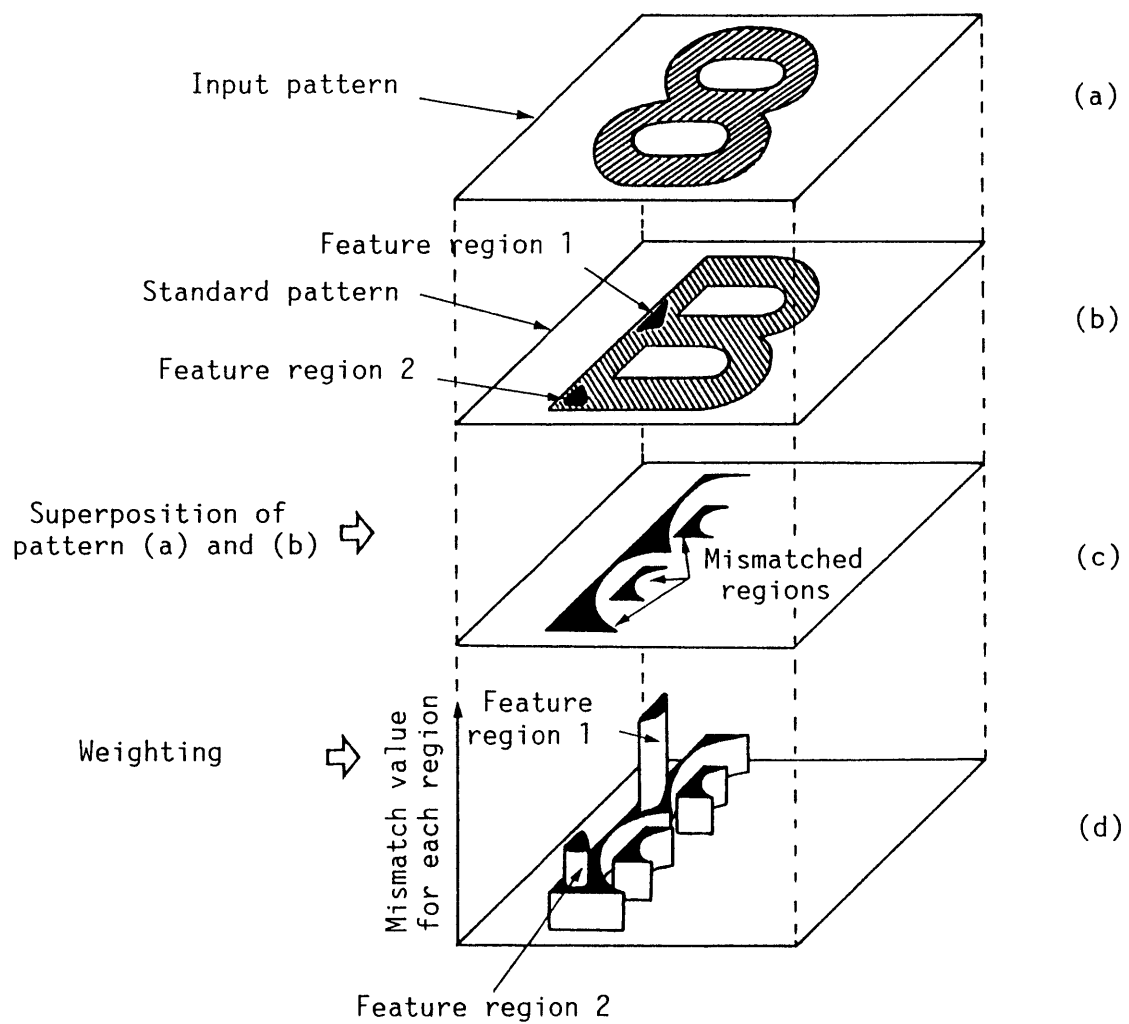


図 7.2 重み付けマッチング法を改良した類似文字識別の原理

特徴領域ごとに決めておくもので、多数の類似文字との一致度をすべて低下させ安定に識別できるように設定した値である。標準パターンの全画素数に対する重み付けされた不一致領域の画素数の割合から標準パターンとの一致度を求め、この一致度によって文字を識別する。図7.2では、最も類似した字種"8"の入力パターンを安定に識別するために標準パターン"B"の二つの特徴領域1,2に適切な重みを設けているが、字種"8"以外の類似文字パターンも安定に識別するため特徴領域1,2には異なった大きさの重みを与えている。

### 7. 2. 2 レーザマーキング文字認識の基本的な流れ

図7.3は、7.2.1の原理に基づくレーザマーキング文字認識の基本的な流れを示したものである。入力した画像を判別しきい値選定法<sup>(7)</sup>で計算したしきい値で2値化し、第2章で述べた方法により文字検出および切出しを行う。文字ごとに位置を正規化した後、改良した重み付けマッチング(破線部分)を行う。このマッチングでは、まず不一致領域を抽出し、標準パターンの特徴領域に対応する不一致領域に重みを付ける。重み付けは、特徴領域に対応する不一致領域の画素数に他の領域の整数倍の重みを掛ける操作で、標準パターンの全画素数に対する不一致の画素数の割合を上げる効果がある。不一致の画素数の割合から一致度を計算し、この一致度によって文字判定を行う。文字判定では、一致度が最も大きくなる字種を第1候補とし、第1候補が識別の基準を満たさない場合にはリジェクトとする。

入力パターンの座標 $(i, j)$ における値を $X(i, j)$ 、 $K$ 個の字種をもつ標準パターンの座標 $(i, j)$ に対応する値を $Y_k(i, j)$ 、 $(k = 1, 2, \dots, K)$ 、重みを $W_k(i, j)$ とすると、字種 $k$ に対する一致度 $S_k$ は、

$$S_k \equiv 1 - \frac{\sum_i \sum_j \{X(i, j) \oplus Y_k(i, j)\} \cdot W_k(i, j)}{\sum_i \sum_j W_k(i, j)} \quad (7.1)$$

によって計算する。ただし、 $X(i, j)$ および $Y_k(i, j)$ の値は文字部で1、背景部で0と

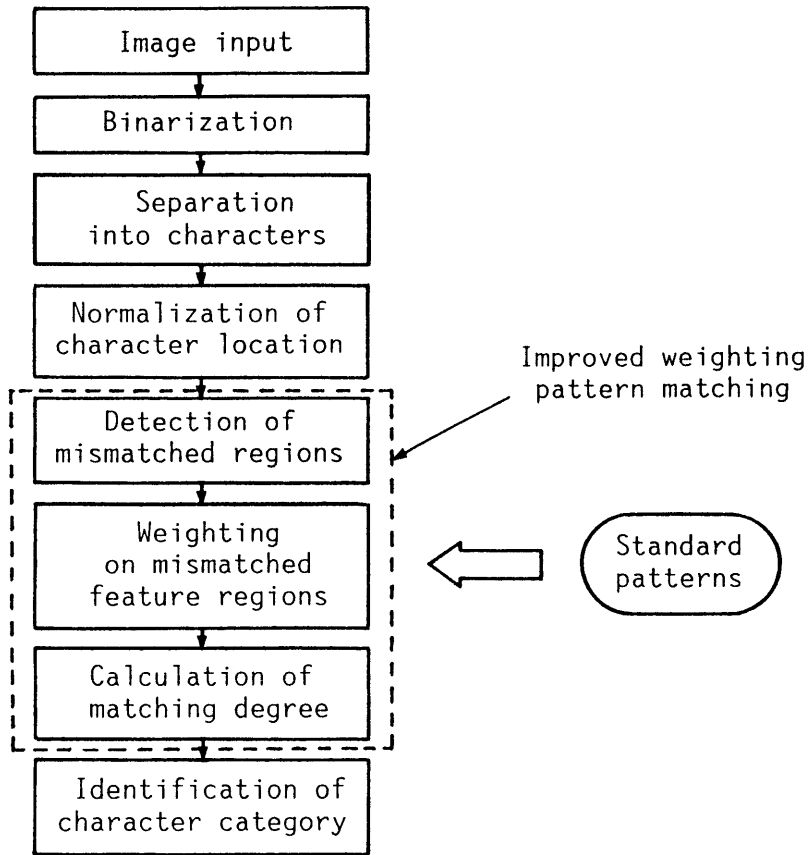


図 7.3 レーザマーキング文字認識の基本的な流れ

する。標準パターンには文字部と背景部との境界付近の不安定な画素から成る領域（これをマスク領域と呼ぶ）を設け、この領域に相当する座標は一致度の計算から除外するものとする。 $W_k(i, j)$ の値は、標準パターンの特徴領域では2以上の整数値、それ以外は1とする。 $\oplus$ は排他的論理和に相当する2を法とする加算を示したものである。

次に、識別の判定基準を示す。一致度が最大の字種 $k_1$ を第1候補、一致度が2番目に大きな字種 $k_2$ を第2候補としたとき、それぞれの一致度 $S_{k_1}$ および $S_{k_2}$ に対して、

$$S_{k_1} \geq \alpha \quad \text{かつ} \quad S_{k_1} - S_{k_2} \geq \beta$$

( $\alpha, \beta$ : 正の定数) (7.2)

を満たす字種 $k_1$ を識別結果とする。実際には、この識別結果の字種 $k_1$ は正しい字種を示す場合と誤った字種を示す場合とがあるため、誤った字種が式(7.2)を満たさないように、テストサンプルを用いた実験によって定数 $\alpha, \beta$ を決めておく。また、それぞれの一致度 $S_{k_1}$ および $S_{k_2}$ が式(7.2)の識別基準を満足しない場合には字種 $k_1$ を識別結果と確定することができないため、これをリジェクトとする。

### 7. 2. 3 重み付けを特徴とした標準パターンの自動作成

標準パターンを人為的に作成すると多数の類似文字を安定に識別できる適切なパターンを得ることが難しく、また時間もかかる。字体の変更や字種の追加・変更の際に、適切な標準パターンを短時間に作成するため、標準パターンを自動作成する方法も提案した。

図7.4は、本識別方法で用いる重みを備えた標準パターン（以下、これを重み付け標準パターンと呼ぶ）の一例を示したものである。この例は、図7.4(a)に示す字種" B "に対して図7.4(b), (c), (d)に示す字種" 8 ", " R ", " D "がそれぞれ類似文字となる場合を表している。図7.4(e)は、重み付け標準パターン" B "を表す。標準パターン" B "に設けられたそれぞれの類似字種に対する重みは、類似性の高さに応じて値を変化させる上に一つの類似文字に対応する特徴領域のなかでも他の類似文字への影響を考慮して値を変えている。

図7.5に、重み付け標準パターンを自動作成する処理の流れを示す。これは、字種ごとに複数の文字サンプルを人為的に収集した後、これらの文字サンプルを用いて自動的に重み付け標準パターンを作成するもので、重みも自動的に決定する。

まず、それぞれの字種について文字サンプルを画像入力し、文字の位置を正規化した文字パターンを作成する。作成した文字パターンを累積し、文字部分となる画素についてその頻度分布を求める。この頻度分布より文字部分となる確率が50%前後の画素を抽出する。これらの画素はマスク領域になる。マッチングの際にはマスク領域を除いて一致度を求めることにより、レーザマーキング文字に特有な画像の不鮮明さによる同一字種の標準パターンとの一致度の大幅な低下を緩和する。

次に、頻度分布より文字部分となる確率が80%以上の画素を文字部、20%以下の画素を背景部とするパターンを作成する。このパターンは、文字および背景となる確率が高い画素を集めた安定なパターンである。このパターンをすべての字種について互いに重ね合わせ、不一致の画素数が少ない類似文字を選択する。

注目する字種とその類似字種のそれぞれの安定なパターンを重ね合わせ、違いが大きな特徴領域を逐次抽出する。特徴領域のなかで、他のいくつかの類似字種に共通する小領域と、一つの類似字種だけに対応する小領域とを区別する。さらに、複数の類似字種に共通する小領域については、何種類の類似字種に共通するかという頻度ごとに分類する。この頻度は、2以上で、類似字種の総数以下の値である。頻度が異なる小領域ごとに特徴領域を細分化し、同じ頻度の小領域は、対応する類似字種によってさらに細かく分けておく。

特徴領域を細分化した小領域ごとに異なった重みを設定する際、各類似字種に共通する頻度の高い小領域ほど重みを大きくし、頻度が同じ場合には類似性の高い字種に対応する小領域ほど重みを大きくする。

図7.6に、この重みを自動決定する処理の具体例を示す。この例は、標準パターンとする字種"0"に対して字種"6"および字種"9"の2字種が類似文字となる場合で、字種"6"、"9"の順に類似性が高いものとする。

図7.6(a)は、特徴領域を五つの小領域に細分化した場合で、小領域3は二つの類似字種に共通な領域(頻度2とよぶ)、他の小領域はすべて一つの類似字種に対



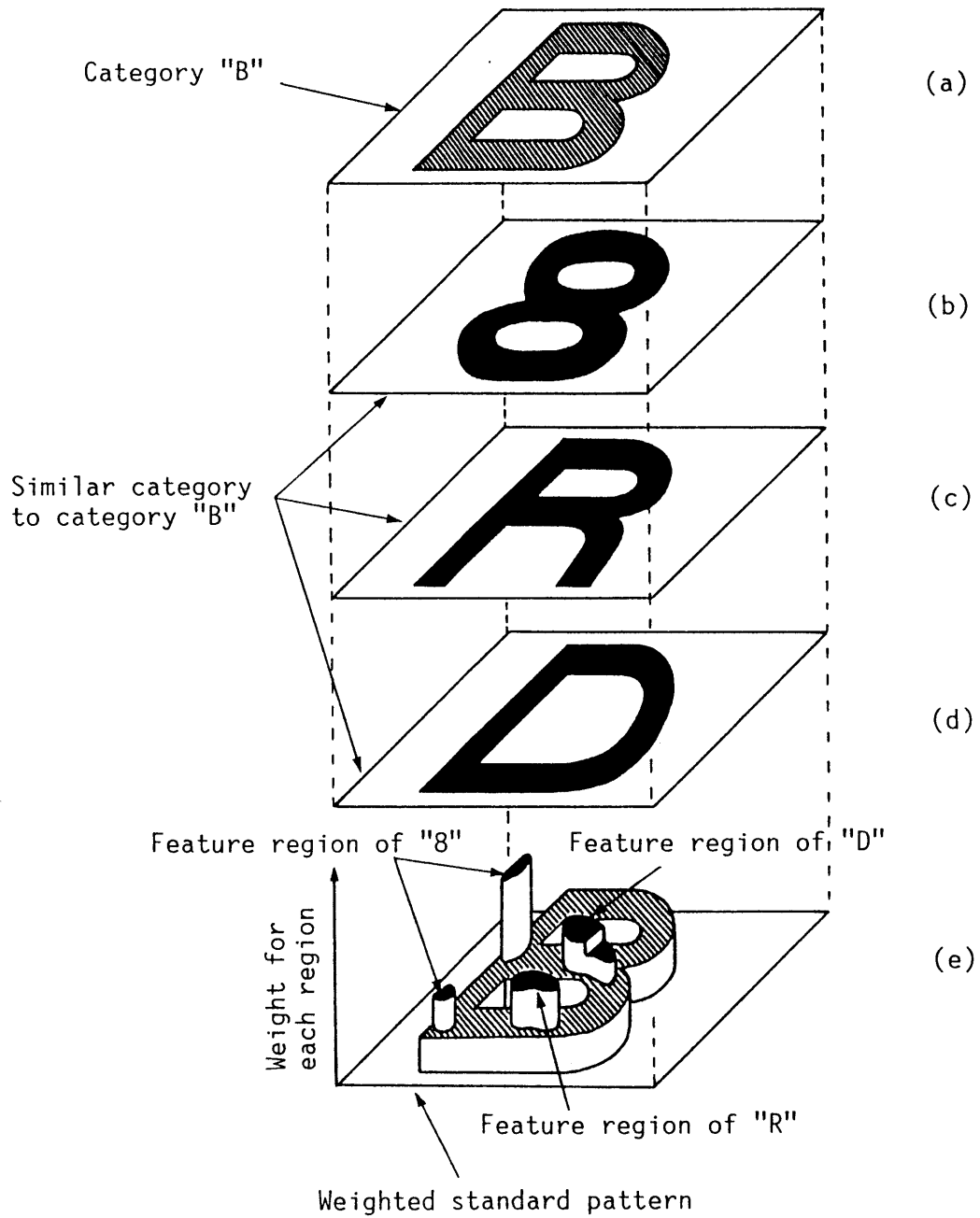


図 7.4 重み付け標準パターンの一例

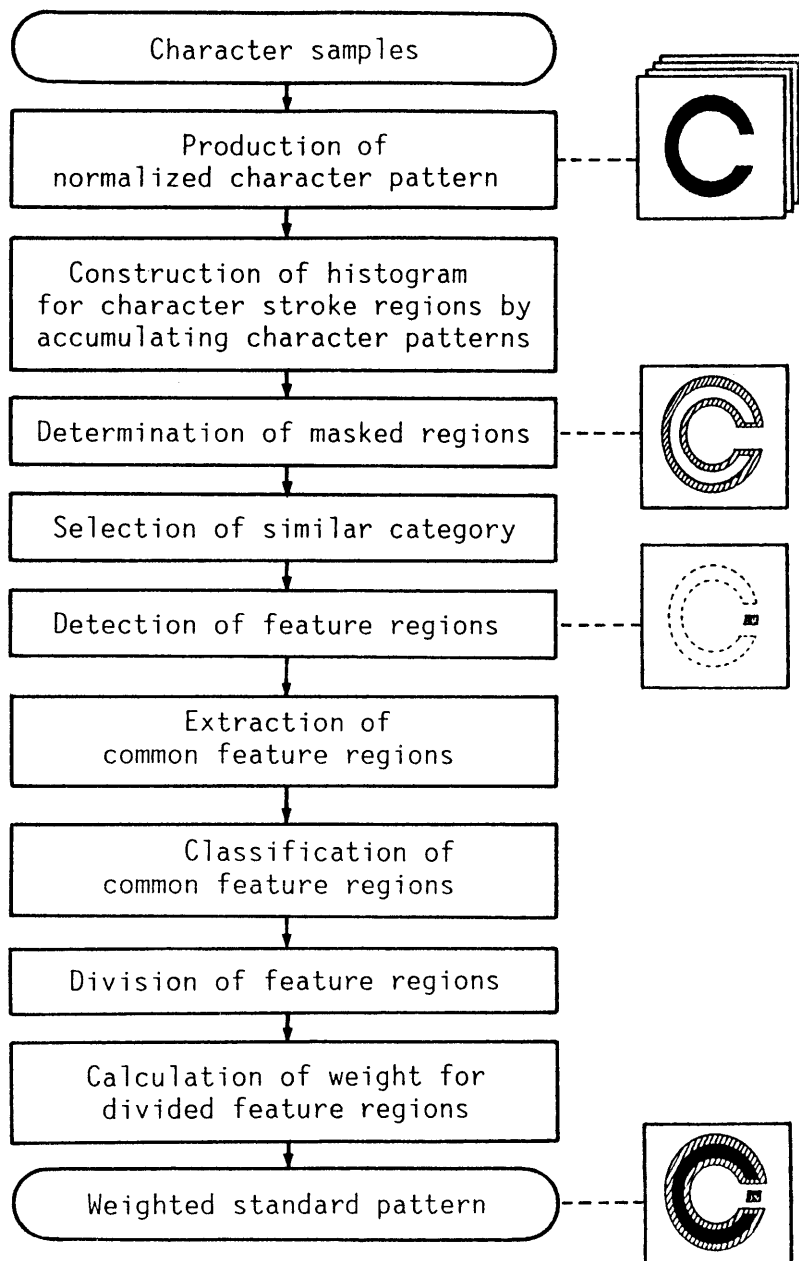


図 7.5 重み付け標準パターン自動作成の処理の流れ

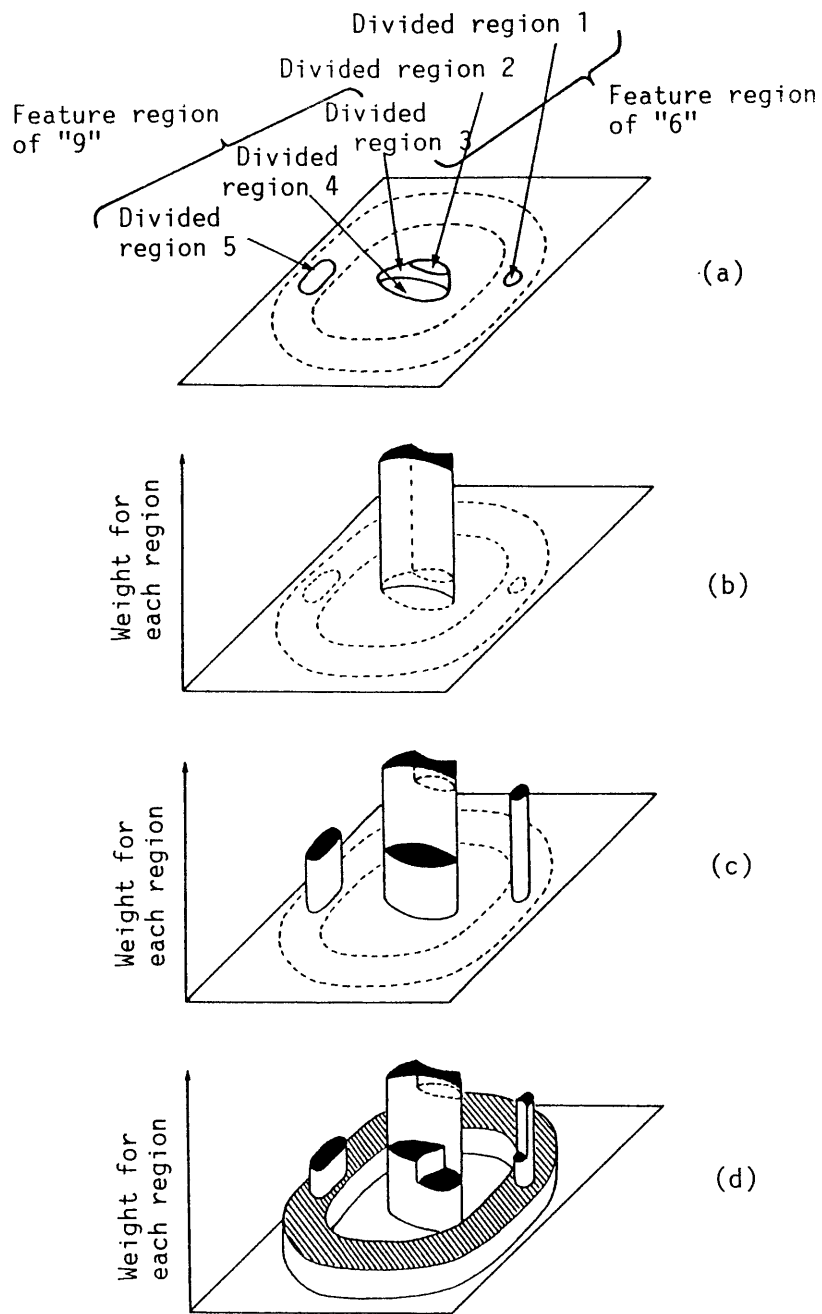


図 7.6 重み付け標準パターンにおける重み自動決定の説明図

応する領域（頻度 1 とよぶ）を表す。重みを決める前に、類似字種との不一致の度の目標値（これを目標不一致度とよぶ）の上限と下限の値および重みの上限値を設定する。

まず、図 7.6 (b) に示すように、最も頻度の高い小領域 3 に重み付けし、すべての類似字種との不一致度が目標不一致度の上限と下限の範囲で上限値に近くなるように重みを決める。そして順次頻度の高い小領域から重み付けする。このとき、頻度が同じ小領域については類似性の高い字種に対応する小領域から順に大きな重みを設け、類似字種との不一致度が目標不一致度の上限値に近づくように重みを加減して決定する。

ただし、図 7.6 (b) で設定した重みがある上限値を越える場合には、図 7.6 (c) の例外処理に示すように、頻度の高い小領域 3 に集中して与えた重みを頻度の低い小領域 1, 2, 4, 5 に分散する。このとき、小領域 1, 2 には小領域 4, 5 より大きな重みを設定するという具合に類似性の高さを考慮する。

最後に、図 7.6 (d) に示すように、特徴領域には設定した重み（2 以上の整数値）を、その他の領域には重み 1 を与え、式 (7.1) により類似字種以外のすべての字種との一致度を計算する。この一致度が重み付けしない場合に比べて著しく大きくなる場合には、小領域 1, 4 のように小領域内で更に細かく重みを加減することにより他の字種との一致度が上がらないよう考慮する。重みは、すべての類似文字との不一致度が類似文字を安定に識別するための目標不一致度の範囲を満たし、かつ他のすべての字種をも安定に識別するように、逐次自動的に値を変えながら決定する。

細分化した特徴領域とその領域に対応する重みを、上記マスク領域を除くパターンと組み合わせて重み付け標準パターンとし登録する。

### 7. 3 円筒形状部品のレーザマーキング文字認識装置

#### 7. 3. 1 装置構成

本識別方法を用いた自動車部品のレーザマーキング文字認識装置を開発した。対象は図 7.7 に示す円筒形状の自動車部品で、文字は 1 mm(W) × 2 mm(H) の大きさで

マーキングされている。金属表面には油などが付着する場合もある。認識すべき文字の種類は、英数字16字種（英文字6種類、数字10種類）で、マーキングされた17けたのうち7けたを認識する。

図7.8に、この装置の撮像部を示す。文字が円筒形状の金属表面上にマーキングされているため、部品を回転させながらラインセンサによって撮像し、1文字あたり40画素×50画素の大きさの文字画像を作成する。

図7.9に、この装置の構成を示す。回転ステージにより毎秒1回転の速さで自動車部品を回転させ、それに同期させてラインセンサカメラから画像を入力し、画像処理部にて文字認識を行う。前処理を高速に行うため、濃度ヒストグラム作成、2値化、膨張・収縮処理およびラベリングは開発した専用ハードウェアを用いている。

### 7. 3. 2 認識処理の流れ

図7.10は、この装置による認識処理の流れを示したものである。まず、文字画像を入力し、濃度ヒストグラムを作成して判別しきい値選定法で2値化したあと、膨張・収縮処理により背景の雑音を除去する。次に、ラベリングによって文字線の途切れを検出して修正し、投影法により文字列および個々の文字を切出す。個々の文字ごとに平均的な文字線幅<sup>(9)</sup>を計算して文字線幅の正規化を行った後、文字外接枠の中心を基準の位置に合わせることで文字の位置を正規化する。改良した重み付けマッチングにより式(7.1)で標準パターンとの一致度を求め、式(7.2)に示した一致度の識別基準に従ってリジェクトか否かを判定する。

## 7. 4 類似文字識別の性能に関する実験

### 7. 4. 1 実験方法

提案した識別方法の有効性を確認するため、図7.7に示す自動車部品のレーザーマーキング文字を対象として次の二つの方法で認識実験を行った。

#### (1) 類似字種識別の実験

英数字36種類から類似字種13種類（例えば、“0”に対して“C”, “D”, “8”,

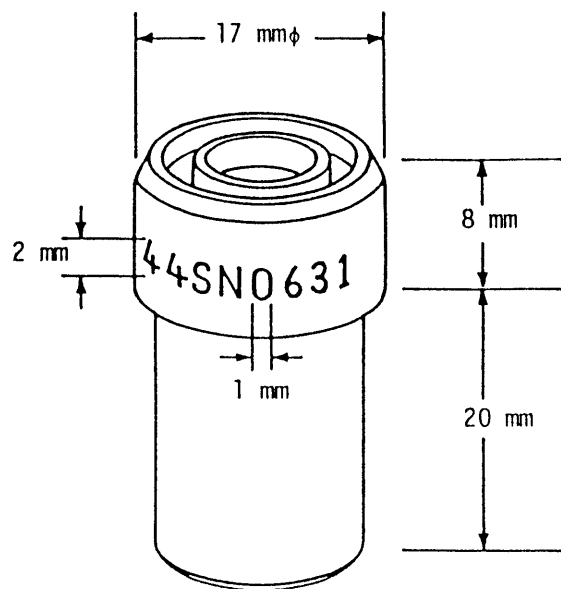


図 7.7 認識対象とした円筒形状自動車部品

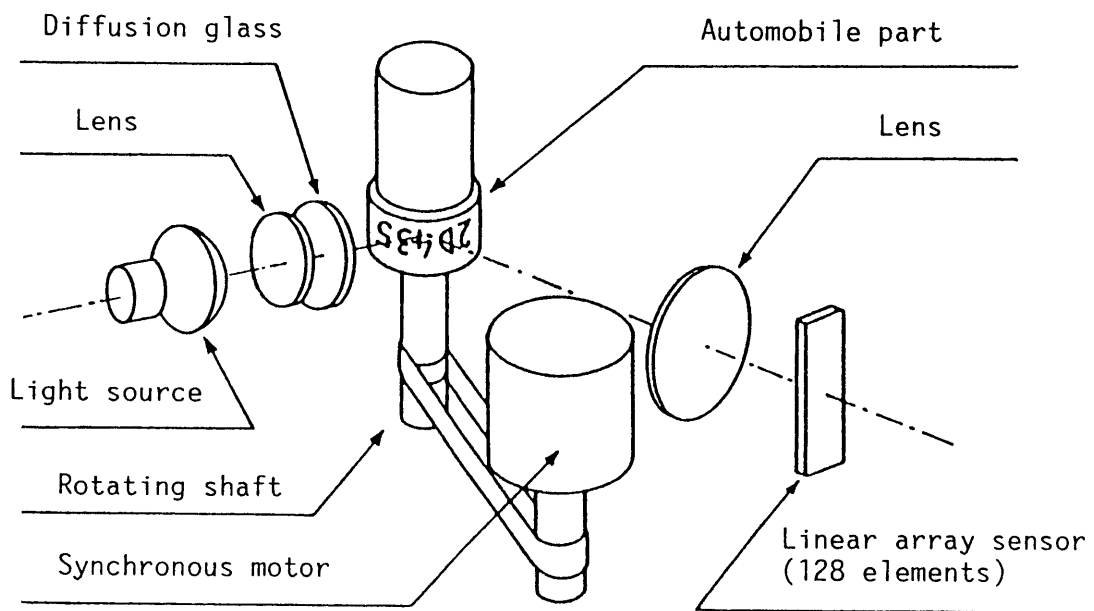


図 7.8 レーザマーキング文字認識装置の撮像部

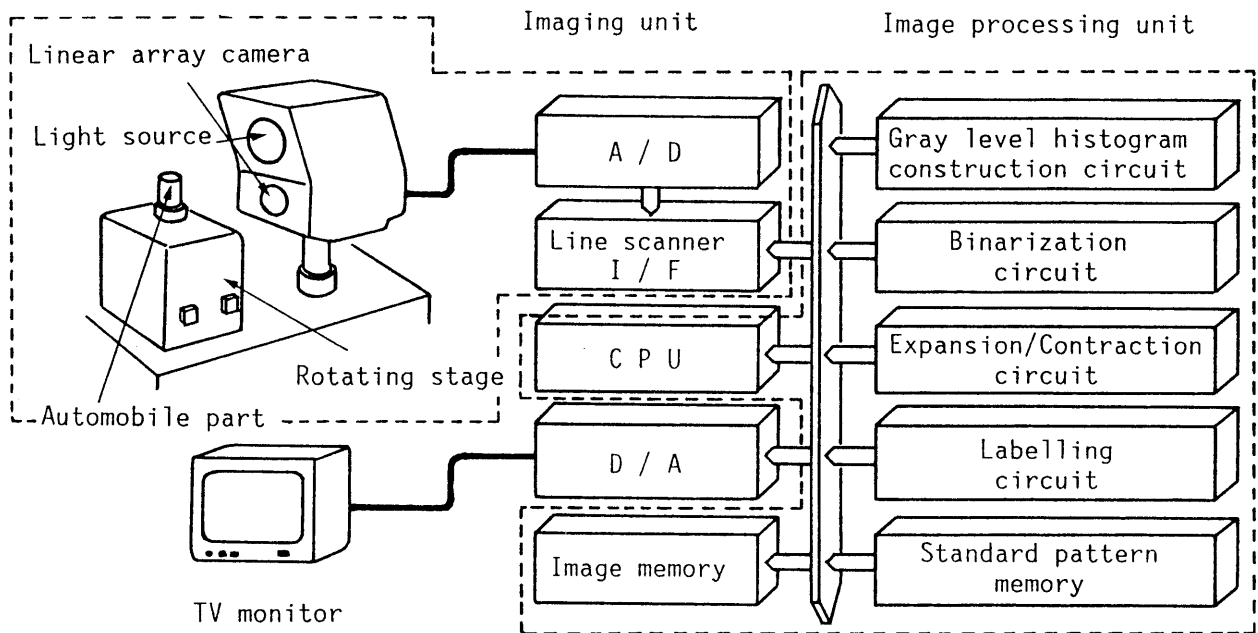


図 7.9 レーザマーキング文字認識装置の構成



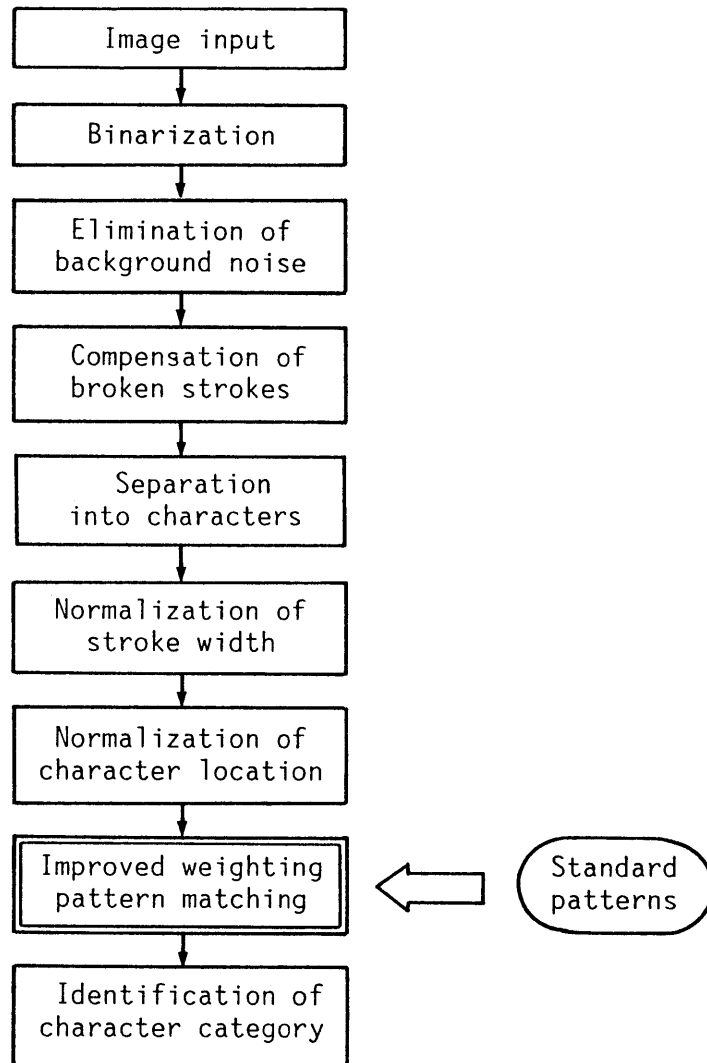


図 7.10 レーザマーキング文字認識装置の認識処理の流れ

"6", "9", "B"に対して "8", "R", "D", "S", "E"など)を選択し, 図7.7の自動車部品と同一の金属平板上に字種あたり100個ずつ合計1300個の文字をマーキングしたものを実験サンプルとした。学習サンプルは実験サンプルとは別に字種あたり10個ずつマーキングしたサンプルを作り, このサンプルによって標準パターンを作成した。

このように選んだ1300個のサンプルについて図7.3に示した認識処理の流れで,

- ① 本方法の改良した重み付けマッチング法を用いた場合
- ② 本方法の代わりに従来の重み付けマッチング法<sup>(2)</sup>を用いた場合
- ③ 重み付けしない単純マッチング法を用いた場合

の三つについて, 第2候補となる最も類似した字種との一致度を求め, その分布の最大値を比較した。

ここで, 本方法の改良した重み付けマッチング法では, 式(7.1)によって一致度を計算した。重み付けしない単純マッチング法では, 式(7.1)においてすべての座標 $(i, j)$ で重みを同一とし  $W_k(i, j)=1$  とすることにより一致度を計算した。

## (2) 認識率の実験

図7.7に示す実際の自動車部品のレーザマーキング文字(英数字16種類, 類似字種"0"と"C"と"D", "8"と"B", "5"と"S"などを含む)から, 字種あたり350個ずつ, 16字種取り合わせて5600個のサンプルを抽出して実験サンプルとし, これとは別な自動車部品から16字種それぞれ10個ずつの文字を学習サンプルとして選び標準パターンを作成した。

このように選んだ5600個のサンプルについて, 図7.3に示した認識処理の流れで式(7.1)に示した一致度を求めることにより認識率を調べた。リジェクトか否かの判定基準は式(7.2)で示したとおりである。

## 7. 4. 2 実験結果

図7.11に, 類似字種識別の実験結果を示す。図に示すように, 本識別方法による第2候補類似文字との一致度はいずれも重み付けしない単純マッチング法に比べて低くなった。また, 従来の重み付けマッチング法に比べても第2候補類似文字と

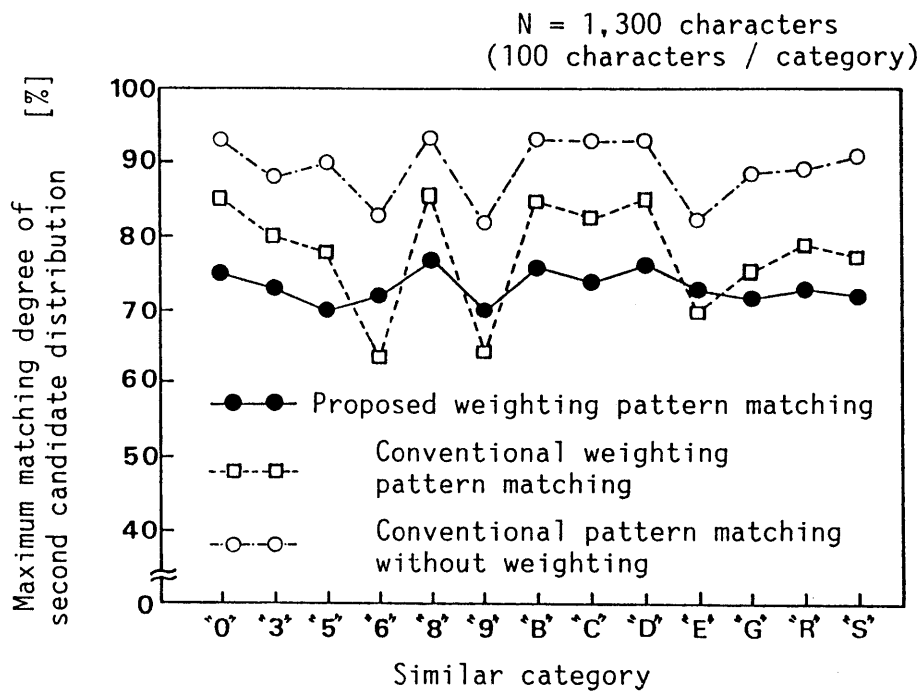


図 7.11 類似字種識別の実験結果

の一致度は全体的に低くなり、類似文字を容易に識別できることがわかる。特に、従来の重み付けマッチング法では、重みによって類似性のやや低い文字との一致度が上がり、第2候補の一致度があまり低下しない場合があったが、本識別方法では、類似性の大小に依らず多数の類似文字との一致度をすべて下げることができた。従って、字種"0"や"B"のように多くの類似字種をもつ文字の識別にも有効であることが確かめられた。

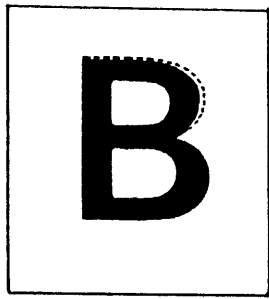
認識率の実験では、誤読はなかったが5600サンプルのうち字種"B"で7サンプルがリジェクトとなり、全体の認識率は99.9%であった。図7.12に正読できた限度サンプル例とリジェクトされたサンプル例を示す。図7.12のリジェクトされたサンプル例は、正常にマーキング(図7.12の破線部分)がなされたあと、酸化された文字の一部が欠けたため、位置正規化の際の位置ずれが大きくなって判定基準から外れたものである。

図7.13は、判定基準を満足した場合の識別の確からしさを示したものである。縦軸は、式(7.1)で計算した一致度を百分率で表している。図より、第1候補文字の一致度は十分大きく、第1候補文字の分布と第2候補文字の分布とは互いに重なり合わないため、安定に識別できることがわかる。

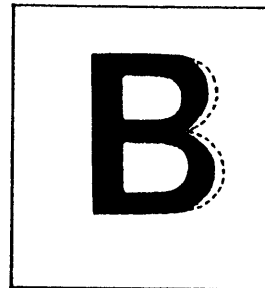
以上二つの実験により、提案した識別方法は、多数の類似文字をもつレーザーマーキング文字の認識率向上にとって有効な方法であることが検証された。

表7.1に本識別方法を用いたレーザーマーキング文字認識装置の性能を示す。認識率は、1回目の試行では99.9%だが、再試行において位置正規化後の基準位置のほかに上下と左右にずらした位置でも改良した重み付けマッチングを行うことにより完読することができた。標準パターンの作成は、類似字種の数により多少の差はみられるが、一つの字種あたり10個ずつの文字サンプルを用い英数字16種類すべてを作成するのに約8分で完了し、現場での字体の変更や字種の追加・変更にも迅速に対応することができる。これらの性能は、生産工程での実用装置の性能としてはいずれも十分な値である。

## 7. 5 む す び



(a) Case of  
correct recognition



(b) Case of  
rejection

図 7.12 正読できた限度サンプル例とリジェクトされたサンプル例（2値画像）

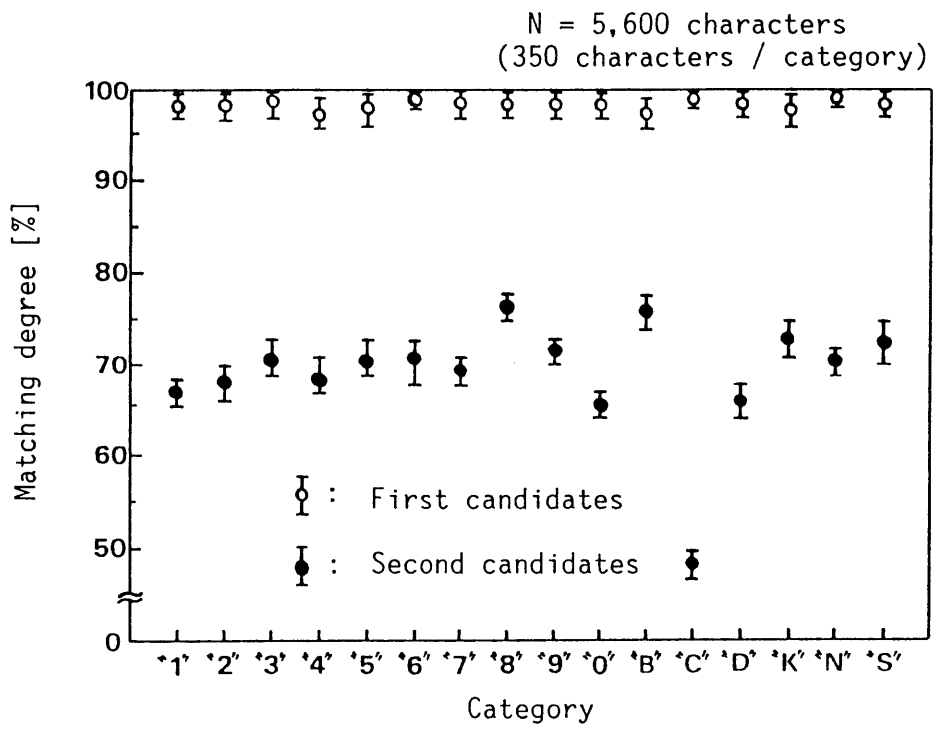


図 7.13 識別の確からしさの度合

表 7.1 レーザマーキング文字認識装置の性能

Object	Laser-printed character on automobile parts
Category of characters	16 kinds of alphanumerals
Number of characters	7 digits
Recognition time	3.4 sec. (design goal: less than 5.0 sec.)
Recognition rate	99.9 percent (design goal: more than 99.8 percent)
Time for standard pattern construction	8 min. for 16 kinds of standard characters, with 10 samples for each character

本章では、レーザマーキング文字認識のための文字識別方法について検討し、従来の重み付けマッチング法を改良した方法を提案した。

提案した方法は、類似文字を安定に識別するために、類似字種との違いが大きな特徴領域を抽出し、この領域に他の領域より大きな重みを設けて一致度を計算する方法である。この方法は、多数の類似文字があっても、特徴領域を細分化した小領域ごとに重みを変えることにより、すべての類似文字を安定に識別できる。しかも、重みは類似文字の類似性の高さや重み付けによる他の類似字種への影響を考慮して自動的に決定することができる。

英数字13種類・1300サンプルの類似字種を用いた実験では、従来の重み付けマッチング法に比べて、注目する字種とその類似字種との一致度の差を大きくすることができ容易に識別できることを確認した。また、実際の自動車部品を用いた英数字16字種・5600サンプルについての認識率調査では、リジェクトは7サンプルあったが誤読はなく認識率は99.9%で、この認識方法が有効であることを検証した。



< 文 献 >

- ( 1 ) 本郷, 小室: “キーボード配列検査システムのアルゴリズム”, 電学論 ( C ), 1 0 7 - C, 8, pp.745-752 (昭62-08).
- ( 2 ) 肥塚, 平岡, 中島, 稲垣: “辞書学習機能を備えた一括画像入力形高速キ - 配列検査装置”, 電学論 ( C ), 1 0 8 - C, 5, pp.339-346 (昭63-05).
- ( 3 ) 肥塚, 平岡, 中島, 稲垣: “学習に基づく特徴辞書作成の一手法”, 信学技報, P R L 8 5 - 1, pp.1-8 (昭60-05).
- ( 4 ) Y.Nakamura, M.Suda, K.Sakai, Y.Takeda and M.Udaka : “Development of A High-Performance Stamped Character Reader”, IEEE Trans. Ind. Electron., I E - 3 3, 2, pp.144-147 (1986).
- ( 5 ) 中村, 須田, 林: “工業応用文字読取装置 ( T O S E Y E - 1 0 0 0 ) ”, 信学技報, P R U 8 6 - 7 9, pp.69-74 (昭61).
- ( 6 ) 飯島: “パターンマッチングによる図形識別法についての理論的考察”, 信学論 ( D ), 5 5 - D, 8, pp.507-514 (昭47-08).
- ( 7 ) 大津: “判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 信学論 ( D ), J 6 3 - D, 4, pp.349-356 (昭55-04).
- ( 8 ) G.F.Groner: “Real Time Recognition of Handprinted Text”, AFIPS , FJCC , 2 9, pp.591 (1966).
- ( 9 ) 中野, 小関, 山本: “低品質刻印文字認識のための最適 2 値化法”, 信学論 ( D ), J 6 9 - D, 6, pp.958-966 (昭61-06).
- ( 10 ) 中野, 山本: “類似文字識別に特徴をもつレーザーマーキング文字認識アルゴリズム”, 電学論 ( C ), 1 0 9 - C, 8, pp.593-600 (平01-08).
- ( 11 ) 中野, 小関, 山本: “辞書自動作成機能をもつレーザーマーキング文字認識法”, 昭 6 1 信学総全大, 1 5 3 3 .

## 第 8 章 総 括

製造業においては、ここ数年生産の自動化や省力化の要望が強く F A の普及が著しいが、製造ラインでの作業指示や検査・仕分けなどの多くは現在も人間の“目”に頼っている。しかし、検査の信頼性向上および高速化が不可欠になり、更に生産指示や生産管理の情報を担う工業用文字を積極的に活用し生産性を向上させたいという要望が極めて強くなったため、工業用文字認識が重要になってきた。

その中でとりわけ、自動車製造業での組立てや検査などにおける工業用文字認識の要望が強い。自動車産業では、その用途に応じてさまざまな工業用文字が使用されている。また、他の製造産業と異なって、車体用のパネルやフレームなどの寸法の大きな構造部品がある。更に、印刷文字に比べて認識が難しい刻印文字が多い。このような対象では、照明や位置決めが難しかったり、雑音となるさまざまな汚れが多く、鮮明な画像を得ることは容易ではない。しかも、このような状況下で誤読は許されない。

自動車産業に現れるさまざまな工業用文字の認識を系統的に行った研究は国内外をみても見あたらず、実用に耐え得る研究・開発が期待されていた。

本論文では、自動車産業における工業用文字を系統的に分類し、それぞれの文字に適した認識方法を提案すると共に、その方法を用いて開発した実用性の高い認識システムについて述べた。

第 1 章は序論で、文字認識の歴史に触れ、製造業における文字認識の必要性、文書用の文字認識との相違の観点から、従来の研究を概観した。また、自動車産業における工業用文字認識の課題を説明し、それらを踏まえた本研究の目的について述べた。

第 2 章では、刻印文字を対象とした 2 値化方式を検討し、2 値化による刻印文字の認識率改善について述べた。

刻印文字は打刻圧を一定にすることが難しいため、印刷文字に比べて文字品質は良好でない。このような刻印文字を撮像した画像では、文字部の濃度は変動しやす

く文字部と背景部とのコントラストは低いため、2値化後の文字線幅は変動しやすい。そこで、2値化によって所定の文字線幅を得る方法を提案した。この方法は、各々の刻印品質に対する最適な2値化しきい値をしきい値特性として事前に持ち、このしきい値特性を参照して文字ごとに最適な2値化を行う方法である。低品質で類似した刻印文字を用いた実験により、この方法が従来の2値化法を上回る性能を有するものであることを確認した。また、実際の円筒形状機械部品を用いた実験では、製造ラインの検査工程で要求される認識率を満足することを検証した。

第3章では、刻印文字を対象とした新しい文字切出し方式を検討し、自動車の車台番号認識へ適用した場合の文字切出し率および認識率改善について述べた。

自動車の車台番号のように薄い鋼板に文字が打刻される場合には、打刻圧の変動により打刻される鋼板の表面全体にわたって緩やかな凹凸が生じやすい。このような刻印文字を撮像した画像では、文字部および背景部の濃度は共に変動しやすく、文字のコントラストが低い領域も生じる。このような画像を2値化すると、文字間の分離が困難になることや、分離すべきでない箇所で分離が行われたりすることが頻繁に起こり、個々の文字領域を正確に抽出することは容易ではない。そこで、2値化せずに濃淡画像から直接個々の文字領域を抽出する方法を提案した。これは、文字の並びに平行な方向および垂直な方向の行ごとに濃度のばらつきの度合を計算し、このばらつきの度合によって文字間の背景を検出して文字を分離する方法である。この方法を用いた文字切出し率は、従来の2値化後文字を切り出す方法に比べて著しく向上し、この方法の有効性を確認することができた。また、実際の車体に打刻された車台番号の認識実験では、製造ラインに適用可能な認識率が得られることを実証した。

第4章では、鋼板に打刻された刻印文字に注目し、その識別方法と有効性について述べた。第2章では、変動した文字線幅を2値化によって所定の線幅に直す方法を示したが、この章では、文字線幅が部分的に変動する場合にも適用できる識別方法について述べた。この方法では、文字の骨格に相当するパターンを用いて文字線幅の変動に対処する。更に、類似字種用に設けた小領域のパターンによって類似文字も識別する。類似字種を含み文字線幅が変動した刻印文字による認識実験の結果、

認識率は従来の代表的手法である複合類似度法を上回ることを明らかにした。また、実際の車体用パネルを用いた実験では、実用上要求される認識率を満たすことを確認した。

第5章では、塗装が施された刻印文字に対する新しい識別方法とその有効性について述べた。

刻印文字に塗装が施されると、撮像した画像の文字部と背景部の濃度は共に変動しやすく、文字部と背景部とのコントラストも低下しやすい。従って、2値画像では文字線幅の変動に加えて、文字輪郭形状の凹凸ならびに背景の雑音が多く生じるという識別には極めて悪い条件となる。特に、文字輪郭形状の凹凸は認識の際大きな問題となるため、そのような変動に強い識別方法を提案した。この方法では、文字パターンの外郭形状を特徴として抽出し、この特徴によって文字を識別する。類似文字を安定に識別するため標準パターンの外郭形状には重みを設け、位置ずれに強くするために外郭形状のずらしも行う。塗装された刻印文字を用いた実験では、本方法の認識率が従来の代表的な方法である複合類似度法に比べ高いことを明らかにした。また、実際の車体用フレームを用いた実験では、製造ラインに適用できる実用性の高い方法であることを確かめた。

第6章では、スクリーン印刷文字に注目し、この文字に適した識別方法とその有効性について述べた。

スクリーン印刷文字は表面に塗料を転写して印字する文字で、他の工業用文字に比べて、撮像した画像の濃度のばらつきは文字部と背景部共に少なく、文字部と背景部とのコントラストも高い。しかし、印刷色の違いによって撮像画像の濃度が変わり、2値化後の文字線幅は微妙に異なることが多い。また、転写による文字外周の変動のため、位置ずれの発生は避けられない。自動車部品の生産工程では簡便かつ高速な認識が要求され、従来の方法として、定点サンプリング法が知られている。しかし、従来のままではスクリーン印刷文字に適用できないため、定点サンプリング法を改良した方法を提案した。この方法は、標準の定点パターンを何層かの領域に分けておき、定点との重なり度合を層ごとに求めた後、各層の重なり度合の分布の様子から文字を識別する方法である。この方法を用いて17色のスクリーン印

刷文字を認識したところ、従来の定点サンプリング法と比較して、同程度の処理時間で認識率の大幅な向上が得られることを明らかにした。また、開発したスクリーン印刷文字認識システムでは、実用上要求される認識率が得られ、実際の製造ラインに適用できることを確認した。

第7章では、レーザマーキング文字について検討し、この文字に適した識別方法およびその有効性を述べた。

レーザマーキング文字は種々の工業用文字のなかではスクリーン印刷文字と同様に文字品質が良好であり、撮像した画像の濃度のばらつきは文字部と背景部共に少なく、2値化後の文字線の変動は少ない。しかし、金属表面を酸化させて文字を印字するため、文字のコントラストが低くなり、文字部と背景部との境界が不鮮明になったり、背景の雑音などが生じやすい。また、レーザマーキング文字は生産指示情報を示す文字として広く活用され類似文字が多い。そこで、類似文字識別を主眼とした識別方法を提案した。提案した方法は重み付けマッチング法を改良した方法で、標準パターンの小領域ごとに重みを変えることにより多数の類似文字を安定に識別できるように工夫した点に特徴がある。しかも、重みは人間が決めるのではなく自動的に決定する。多数の類似字種を用いた実験では、従来の重み付けマッチング法に比べて、安定に識別できることを確認した。また、実際の自動車部品を用いた実験では、製造ラインに適用可能な認識率が得られ、この識別方法の実用性を検証した。

以上述べたように、本論文では自動車産業における主要な工業用文字についてそれぞれの文字に適し、かつ実用化を目指した簡便な認識方法を提案した。また、それらの方法を備えた実用システムを開発し、これまで人間の目に頼っていた検査工程に導入した。具体的な成果としては、第6章で述べたスクリーン印刷文字認識システムが7システム、第3章、第4章、第5章で述べた刻印文字認識システムが4システム実用化され、生産現場で稼動している。自動車の車台番号認識に応用して検査の信頼性を上げたことは注目されている。本研究の成果は、自動車産業に限らず広い分野における工業用文字認識にも適用することができる。

現在、自動車産業における工業用文字認識は実用の途についたばかりであるが、

生産工程での目視検査の自動化への寄与は大きく省人化にも重要な役割を果たしている。しかし、自動車生産工程では更に難しい工業用文字認識が残されている。その一つは、表面が粗い材料に打刻される刻印文字のように、文字と背景との区別が難しい画像における文字の切出しである。このような文字を切り出すには、更に高度な濃淡画像処理や知識を用いた手法が必要になる。一方、さまざまな変形を含む文字について、ファジィ推論やニューラルネットワークを利用した文字認識の研究が行われつつある。特に後者は、文字の変形に応じた文字識別のための特徴を人間が決定するのではなく汎用的に自動生成することを目標としており、これからの大きな課題である。今後、これらの課題を解決することにより益々応用が拡大されていくものと期待される。

## < 謝 辞 >

終始ご懇切なご指導とご鞭達を賜わった名古屋大学教授工学博士内川嘉樹先生に心から感謝申し上げます。

さらに、本論文を作成するにあたり、数々の有益なご教示をいただいた名古屋大学教授工学博士鳥脇純一郎先生、名古屋大学助教授工学博士大熊 繁先生に心からお礼申し上げます。

また、本論文をまとめるにあたり、多大なご激励をいただいた千葉工業大学教授、名古屋大学名誉教授工学博士雨宮好文先生に心からお礼申し上げます。

本研究は、筆者が(株)豊田中央研究所において行ったものである。

本研究の遂行ならびに論文作成にあたり、多大の便宜を与えてくださいました当研究所所長理学博士森本英武様に心から感謝申し上げます。

また、本研究を進めるにあたり、終始懇切な指導と激励を賜わった当研究所副所長工学博士五十嵐伊勢美様、同研究13部主査工学博士川本淳一様、研究に関し適切な助言をいただいた当研究所研究8部部長高橋信明様の皆様に心からお礼申し上げます。

さらに、本研究の遂行にあたり、終始懇切な教示と激励をいただいた当研究所研究8部画像情報研究室室長工学博士山本 新様、同研究室821グループリーダー小関 修様に心から感謝申し上げます。

また、貴重な意見をいただいたトヨタ自動車(株)、日本電装(株)、ダイハツ工業(株)、関東自動車工業(株)、ならびに(株)東海理化電機製作所の関係各位にお礼申し上げます。

＜本研究に関する発表論文＞

論文題目	公表の方法および時期	共著者	関連の章
(1) 低品質刻印文字認識のための最適2値化法	電子通信学会論文誌, Vol. J69-D, No. 6, pp. 958-966 (昭61-06)	小関 修 山本 新	第 2 章
(2) 塗装面を背景とした刻印文字の認識方式	電子情報通信学会論文誌, Vol. J71-D, No. 6, pp. 1057-1064 (昭63-06)	武田 規歩 山本 新	第 5 章
(3) スクリーン印刷文字認識のための定点サンプリング法の改良	電子情報通信学会論文誌, Vol. J72-D- II, No. 1, pp. 197-200 (平01-01)	山本 新	第 6 章
(4) 自動車車体パネルの刻印文字認識アルゴリズム	電気学会論文誌, Vol. 109-C, No. 6, pp. 439-445 (平01-06)	武田 規歩 山本 新	第 4 章
(5) 類似文字識別に特徴をもつレーザマーキング文字認識アルゴリズム	電気学会論文誌, Vol. 109-C, No. 8, pp. 593-600 (平01-08)	山本 新	第 7 章
(6) 刻印文字認識のための文字切出し方式	電子情報通信学会論文誌, Vol. J72-D- II, No. 9, pp. 1407-1414 (平01-09)	山本 新	第 3 章