

色彩情報を用いた 情景画像からの文字列抽出

松尾賢一* 上田勝彦* 梅田三千雄**

*奈良工業高等専門学校 情報工学科
〒639-11 大和郡山市矢田町22

**大阪電気通信大学 工学部
〒572 寝屋川市初町18-8

あらまし HSL変換と複雑度を用いた情景画像からの文字列抽出方法について述べる。その手法は、”HSL変換により作成された明度分解画像と色分解画像による抽出”，”交差分解画像による抽出”，”複雑度を用いた分解画像による抽出”，”色知識を取り入れた複雑度を用いた分解画像による抽出”を用いた。各手法により作成された分解画像から、閉領域の外接矩形を抽出する。その形状から、3つの文字領域候補に分類し、文字領域矩形の統合処理を施す。統合された矩形間において3つのルールにより連結性を調べ、連結性が認められた矩形を文字列候補矩形として扱い、文字列候補統合画像への書き込みを行う。この画像の文字数ヒストグラムにより、文字列候補を抽出する。抽出結果として、色知識を取り入れた複雑度を用いた分解画像による抽出において、94.6%の文字抽出率で、文字列においては93.0%の抽出率であった。

和文キーワード 情景解析 文字列抽出 HSL変換 複雑度

Extraction of Characters String from Scene Image by Color Information.

Ken-ichi MATSUO*, Katsuhiko UEDA*, Michio UMEDA**

*Department of Information Engineering, Nara National College of Technology.
22, Yata-cyo, Yamatokoriyama-city, 639-11, Japan

**Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University.
18-8, Hatu-machi, Neyagawa-city, 572, Japan

Abstract This paper proposes an extraction method of characters from a scene image by using HSL transform and complexity. In this method, an input scene image is divided into four types of binary images and rectangle areas which surround characters are extracted in each binary image. Those rectangle areas are classified into 3 types of candidate character regions and merged into candidate rectangles. Examining the connectivity of candidate rectangles, characters string is extracted by integrating these candidates. The experimental result shows that 94.6% of characters included in 100 different scene images are correctly extracted by this method.

英文 key words scene analysis characters string extraction HSL transform complexity

1. はじめに

文字は、優れた視覚による情報の伝達性と効率のよい情報の保存性において、我々の身近に多く存在し、あらゆる情報を提供する重要な役割を担っている。人間は、学習や経験により、未知の位置や場所に書かれ、大きさや形状が異なっても容易に文字領域を判断し、認識・理解する。しかし、文字領域を含んだ情景画像から文字を自動的に抽出・認識しようとする、文字の方向・大きさ・形状・明るさなどが不定であるため、文字が文字であると認識し、その文字を読みとる、つまり文字スポッティングは必ずしも容易ではない。とくに、文字が文字である判定方法や文字概念を定義する手法がないためである。この画像からの文字領域の抽出の研究として、文字領域があらかじめ定義されているものと、そうでないものとに分別できる。

前者の場合、自動車のナンバープレート上の文字領域抽出[1][2]、道路速度標識の文字領域抽出[3]、ドアの部屋番号の文字領域抽出[4]などが挙げられる。また、後者の研究として、隣接画素の濃度差に基づく領域分割により、背景領域と穴領域から文字領域を抽出する方法[5]、文字線とその背景の濃度コントラストが高く、かつ局所的に2値であることや、多くの文字の外接矩形は正形状であるなどの文字の普遍的な性質を利用して文字領域を抽出する方法[6][7]、同じ色領域を定義する等色線を用いて、カラー画像を記述し、それによって得られる色変化による領域分割線と、同色領域の色情報とを利用し、文字領域を抽出する方法[8][9]、文字列の単色性に着目した文字抽出の手法[10][11][12]などが挙げられる。しかし、これまでの研究では、カラー文書画像のように文字領域が均一色であったり、文字認識に適した範囲の文字の大きさの画像のみを扱うことが多かった。

これに対して、筆者らは人間が認識の困難な大きさや形状の文字でも、まず文字領域がどこにあるかを判断し、文字領域候補だとわかれれば認識できる所まで接近し、文字を認識する過程に着目し、その実現を目指している。このため、スキャナ入力による印刷物画像や光源の安定した情景画像ではなく、より自然な文字領域を含む画像をCCDカメラから入力し、カラー情景

画像からの文字領域の抽出[13][14][15]を進めてきた。文字領域として、銀行看板上に書かれた銀行名を対象とし、カラーCCDカメラで入力した100枚の情景画像データに対して、等間隔分解画像、等間隔交差分解画像、複雑度を用いた分解画像の各手法により2値化された画像による文字列抽出について述べる。

2. H S L 変換

CCDカメラにより、情景画像をRGB信号に分解して入力する。このときのRGB値は0から255までをとる。この各RGB値を輝度(Luminance)と呼ぶ。この輝度を直接色情報として扱うと、一般にRが大きくなるとともにG、Bも相対的に大きくなる。つまり、R、G、Bの間には相関があると考えられるため、無相関に近い状態に変換する必要がある。ここでは、情景画像に対してHSL変換[16]を施す。つまり、R、G、Bの輝度信号に対し、濃淡を明度(Lightness)、色彩を色相(Hue)と彩度(Saturation)へ変換する。HSL変換の方法は、RGBの輝度を式(1)に従い、色の明るさとして明度を求める。次に、色の彩かさを表す尺度として、式(2)より彩度を求める。つまり、彩度値が大きいと色味が増し、逆に彩度が小さくなると色味が失われる。そして、彩度値が0をとるとき、無彩色と呼ばれ色味がなくなる。色相は、式(3)で示すように、色の違いを角度により表現したものである。

$$\text{明 度: } L = (R + G + B) / 3 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{彩 度: } X &= \max(R, G, B) \quad Y = \min(R, G, B) \text{ において} \\ S &= (X - Y) / X * 255 \end{aligned} \quad (2)$$

色 相:

$$X = R \text{ の時}$$

$$H = (G - B) / (X - Y) * 60$$

$$X = G \text{ の時}$$

$$H = \{(B - R) / (X - Y) + 2\} * 60 \quad (3)$$

$$X = B \text{ の時}$$

$$H = \{(R - G) / (X - Y) + 4\} * 60$$

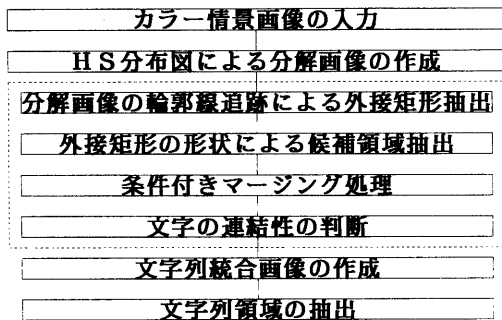
$$\text{但し, } H < 0 \text{ の時 } H = 360 + H$$

3. 文字領域の抽出

3.1 文字列抽出システムの構成

文字列抽出システムの一連の処理手順を図1

に示す。



..... 分解画像 1 枚に対する処理範囲
図 1 文字列抽出の処理手順

3. 2 分解画像作成の手法

3. 2. 1 等間隔分解画像

等間隔分解画像は、H S L 変換による分解画像の作成において、明度と色彩を等間隔に分解した画像である。明度は、256 階調を 8 階調に量子化し、8 領域に属する明度分解画像を得る。明度幅は階調当り 32 となる。色彩は、縦軸に彩度値、横軸に色相値をとってカラー情景画像を表すことにより彩度・色相図ができる。この彩度・色相図をもとに彩度値 30 未満を無彩色領域とし、彩度値 30 以上では、色相値 0 度から 360 度までを、60 度刻みで分割し、7 領域に属する色分解画像が得られる。

3. 2. 2 等間隔交差分解画像

等間隔分解画像では、境界部分にまたがった領域の抽出が不十分となる。これを解決するため、等間隔に分解する際、各領域が交差するように新たな分解画像を作成する。明度値の分割幅は、等間隔分解画像と同じ明度幅 32 とし、明度値を 16 ずつシフトする。これにより、15 領域に属する明度分解画像を得る。色相値は図 2 で示すように 60 度で分割し、30 度のシフトを行い、中間色領域である交差画像を作成する。

3. 3 輪郭線追跡による外接矩形抽出

文字と背景の境界を抽出するためには、エッジ強調や、微分処理が一般に用いられるが、ここでは、輪郭線により境界の抽出を行う。つまり、15 枚もしくは 28 枚の明度と彩度・色相

によって分解された画像すべてに輪郭線追跡を行い、分解画像の領域の境界線を得る。輪郭線追跡とは、ある任意の境界画素から、対象領域の輪郭に沿って、領域の境界線を抽出する処理である。この処理と並行して、輪郭線で囲まれた対象領域の x、y 座標の各最小値と最大値を求めておく。これにより、x、y 座標の最小値を始点に、最大値を終点とする矩形から、対象領域の外接矩形が得られる。

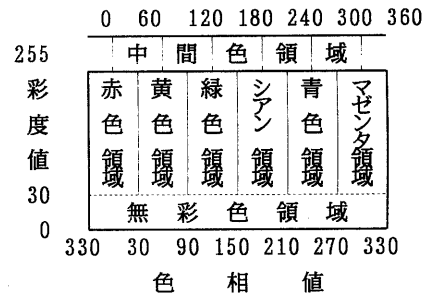


図 2 彩度・色相図からのカラー領域分割図

3. 4 外接矩形からの文字抽出条件

輪郭線追跡によって得られた領域が文字領域であるか、もしくは文字を構成している一部分である文字部分領域であるかを外接矩形の形状により判断する。ここでは、文字領域と文字部分領域の抽出条件を、次のように定めた。

- 画像上で 5×5 画素以上の外接矩形を対象とする。
- 外接矩形の縦横の辺比率が 1.5 以下の矩形は「文字領域候補」とする。
- b において縦横の辺比率が 1.6 以上 1.0 以下の矩形は「文字部分領域候補」として扱う。
- b または c 以外の矩形は対象としない。

上記の条件により、抽出された外接矩形は「文字領域候補」と「文字部分領域候補」に分類される。

3. 5 マーキング処理

マーキングとは、ある二つの領域の外接矩形の形状と交差状態に基づき、その領域を統合、包括する処理である。ここでは、矩形の交差状

態により、2段階のマーキング処理を行う。一つは、重なった矩形同士のみをマーキングする交差矩形マーキング処理、もう一つは分離した矩形同士をマーキングする分離矩形マーキング処理である。交差矩形マーキング処理では、矩形1と矩形2があるとする、矩形1と矩形2が交差または包括状態において、この矩形1と矩形2の両矩形を囲む新たな矩形を作成する。これにより、交差矩形を一つにすることができる。一方、分離矩形マーキング処理は、偏と旁矩形が分離して存在する文字領域に対して、これを一つの矩形に統合する処理である。通常、偏や旁などの分離している矩形の多くは文字部分領域候補矩形の状態が存在している。この文字部分領域候補矩形を囲む正方形矩形を考え、その正方形矩形同士が交差していれば、文字部分領域候補矩形を囲みうる外接矩形によって統合または包括する。これによって、文字部分領域の偏や傍の分離をある程度一つにできる効果を果たす。しかし、無条件にマーキングを続けると、文字領域候補矩形や不用矩形になったり、矩形が立て続けにマーキングされるなどの問題が起こる。これに対して、マーキング後の矩形の状態と、現在の矩形の状態によりマーキング処理の実行を判断する条件を付加する。具体的には、マーキング前の二つの外接矩形を α 、 β として、矩形 α 、 β を辺比率により文字を構成している3種類の矩形（文字領域候補矩形、文字部分領域候補矩形、不用矩形）に分類する。このとき、3種類の矩形の分類状態により、図3に示すようにどの候補同士が交差しているかを分類し、

矩形 α 矩形 β	文字領域 候補	文字部分 候補	不 用
文字領域	ランクA	ランクB	ランクC
文字部分	ランクB	ランクB	ランクC
不 用	ランクC	ランクC	ランクC

図3 矩形形状によるランク分け

統合後 矩形状態	文字領域 候補	文字部分 候補	不 用
ランクA	可	可	不可
ランクB	可	不可	不可
ランクC	不可	不可	不可

図4 ランクによるマーキング実行の決定

ランク分けを行う。ランクはA、B、Cの3種類とする。次に、矩形 α と β のマーキング後の矩形状態に着目し、図4で示すランク分けされた3状態とマーキング処理後の結果から、矩形 α と矩形 β のマーキング処理の実行を決定する。

3.6 文字の連結性の判断

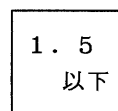
情景画像中の文字部分に着目すると、文字が単独で存在することは希である。むしろ文字は、文になっていたり、文字列として存在する。これより、文字と文字との連結性を、文字列情報を抽出するための条件とすることができる。矩形レベルでは、文字でない雑音なども文字候補矩形となるため、図5に示す条件をもとに文字の連結性を調べ、文字列候補矩形を抽出する。

1. 文字候補矩形同士の面積比率が1.5以下である。

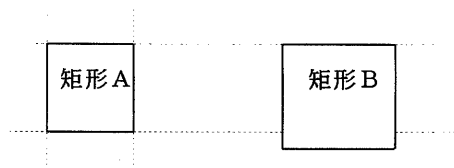
矩形A



矩形B



2. 一つの文字候補矩形が水平または、垂直移動したと仮定し、その移動の軌跡上にもう一つの矩形の重心がある。



3. 文字候補矩形間の距離が矩形3文字分以下である。

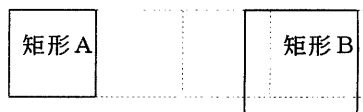


図5 文字の連結性に対する条件

3.7 文字列の抽出

文字矩形の連結性を調べることによって、各画像における文字列候補矩形が抽出される。各画像の文字列候補矩形を文字列候補統合画像に書き込む。これにより、各画像における文字列

候補矩形が重なりあった画像が文字列候補統合画像となる。この文字列候補統合画像から文字列領域を抽出する。文字列抽出方法として、図6に示すように、文字列候補矩形の個数を1つと見なし、X軸に投影する。X軸への投影に限定した理由としては、縦書きの銀行看板の文字列を対象としたためである。このヒストグラム値は、文字列候補矩形の交わった総数値となる。このとき、座標Xの文字ヒストグラム値を H_x とすると、X座標におけるa、b間の平均文字数 M_c は式(4)で求められる。

$$M_c = \frac{\sum_{x=a}^b H_x}{(b-a)} \quad (4)$$

X軸に投影された文字ヒストグラムの最大値を含む山を求め、この山に対して上式により山の平均文字数を求める。山から谷に向かって下るとき、文字ヒストグラムの値が山の平均文字数以下の時点において、文字ヒストグラムの極小値と極大値をa、bとし、この極小値aと極大値bに囲まれた範囲が文字列領域となる。

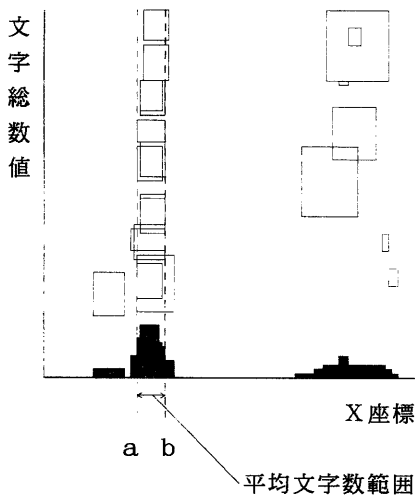


図6 文字列候補統合画像による文字列範囲統合の決定

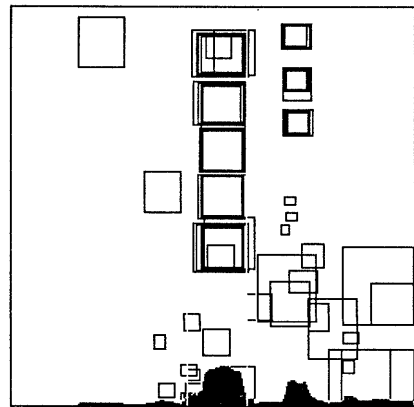
4. 実験結果

文字列を含む情景画像には、銀行看板を含むカラー情景写真を用いた。これをSONY製カラーCCDカメラXC-711を使用し、縦256×横256画素、RGB各256階調の100枚のカラー情景画像データとして取り込

だ。システム作成には、SONY製ワークステーションNEWS NWS-3460を使用した。使用言語はANSI-Cである。対象文字は、銀行看板上の文字列とする。撮影条件つまり天候、撮影場所、銀行看板の位置などは特に限定していない。ただし、対象文字列には、飾り文字や手書き文字は含まれないものとした。抽出文字列の判断は、文字列抽出画像から目視により行った。これまでに述べた手法により、カラー情景画像からの文字列抽出実験を行った。この手法による抽出例を図7に示す。全画像に含まれる450文字に対して、明度分解画像による抽出文字数は397文字で、文字抽出率は88.2%であった。また、文字列抽出数は70列で、文字列抽出率は70.0%であった。これに比べ、交差分解画像を用いた抽出結果は、同様に419文字で92.4%の文字抽出率、83列で83.0%の文字列抽出率であり、文字数で22文字、文字抽出率で4.2%、文字列抽出率で13.0%の向上がみられた。



(a) 原画像 (データ番号8)



(b) 抽出画像

図7 交差分解画像からの文字列抽出例

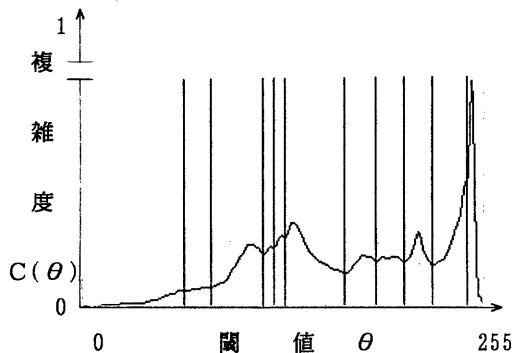
5. 複雑度の定義

5.1 複雑度による分解画像の作成

一般に、明度画像の濃度値を閾値 θ を用いて2分することにより、白黒の2値画像が得られる。この2値画像に対して、画素ごとに0と1のいずれについても4連結として連結成分数を求める。このとき、画像サイズ $2^R \times 2^R$ の連結成分数による複雑度[17]の尺度 $C(\theta)$ を

$$C(\theta) = \frac{\text{連結成分数}}{4^R} \quad (5)$$

と定義する。この複雑度 $C(\theta)$ は、2値画像の複雑さを表すもので、 $C(\theta)=0$ では、画像は2値画像とならず全て白か黒の画像となる。逆に $C(\theta)=1$ では、市松模様状の2値画像となり、最も複雑となる。仮に、0～255の範囲明度情景画像に対して2値化するとき、閾値 θ を横軸に、複雑度 $C(\theta)$ を縦軸にとると図8のような曲線が得られる。これを複雑度曲線と呼ぶ。



縦線は、局所複雑度による分解画像の閾値
図8 複雑度曲線（平滑化後）

この複雑度曲線をそのまま用いるには、雑音成分などによる山や谷が存在するため、この曲線に平滑化処理を施す。ある閾値 θ_i においての複雑度 $C(\theta_i)$ を式(6)により複雑度の平滑化を行う。

$$C(\theta_i) = \frac{\sum_{j=-2}^2 \{(3-|j|) \cdot C(\theta_{i+j})\}}{9} \quad (6)$$

つぎに、図8に示した平滑化された複雑度曲

線の最も外側の両極大値($C_H(\theta_L)$, $C_H(\theta_R)$)を求める。この両極大値 $C_H(\theta_L)$ から $C_H(\theta_R)$ の範囲において、 θ を変化させたとき複雑度 $C(\theta_i)$ が、

$$C(\theta_{i-1}) < C(\theta_i) > C(\theta_{i+1}) \quad (7)$$

を満足するとき、 $C(\theta_i)$ は極大値 $C_H(\theta_i)$ となり、これらを全て求める。これにより得られた、極大値 $C_H(\theta_i)$ と $C_H(\theta_{i+1})$ の範囲において、

$$C_L(\theta_i) = \min(C_L(\theta_i), C(\theta_{i-1}) > C(\theta_i) < C(\theta_{i+1})) \quad (8)$$

で得られる極小値を $C_L(\theta_i)$ とする。

この極小値 $C_L(\theta_i)$ に対して、

$$\mu = \frac{C_L(\theta_i)}{\min((C_H(\theta_i), C_H(\theta_{i+1})))} \quad (9)$$

で定義される基準値 μ が、 $\mu \leq 0.99$ となるときの極小値 $C_L(\theta_i)$ が局所複雑度 $C_c(\theta_i)$ となる。したがって、明度情景画像に、求められた局所複雑度 $C_c(\theta_i)$ を閾値として得られる2値画像が、複雑度による明度分解画像となる。

5.2 処理手順の変更

予備実験より、上述の複雑度によって作成される分解画像が他の手法の分解画像より文字領域と背景領域の分離に有効であることが確認された。しかし、複雑度による分解画像の作成では明度値しか使用しておらず、色情報を積極的に取り入れているとはいえない抽出方法となった。ここでは、複雑度による抽出に色による処理を追加することにより、抽出率が向上するかを検討する。まず、マージング条件に対して、矩形の形状によるマージングの許可を判断していたが、この判断に色差の条件を追加した。これにともない、外接矩形の抽出方法を輪郭線追跡処理からラベル付け処理に変更する。複雑度によって得られた複数枚の分解画像に対して、各画像ごとにラベル付け処理を施す。このラベルごとに外接矩形を作成する際に、各ラベル内

の平均色を求める。この時、あるラベル上のある画素のRGB値を $L(R)$ 、 $L(G)$ 、 $L(B)$ とし、ラベルの面積を P すると、ラベル内の平均色 $\overline{L(R)}$ 、 $\overline{L(G)}$ 、 $\overline{L(B)}$ は、式(10)で表される。

$$\begin{aligned}\overline{L(R)} &= \Sigma L(R) / P \\ \overline{L(G)} &= \Sigma L(G) / P \quad (10) \\ \overline{L(B)} &= \Sigma L(B) / P\end{aligned}$$

つぎに、先に述べたマージング処理で、矩形 α と矩形 β 内のラベルの平均色の色差 $D(\alpha, \beta)$ を式(11)で表すとき、この色差 D が30以内のものについてのみマージング処理を行う。

$$\begin{aligned}D(\alpha, \beta) &= \\ &| \overline{L_\alpha(R)} - \overline{L_\beta(R)} | \\ &+ | \overline{L_\alpha(G)} - \overline{L_\beta(G)} | \\ &+ | \overline{L_\alpha(B)} - \overline{L_\beta(B)} | \quad (11)\end{aligned}$$

これにより、文字領域矩形と他の領域矩形との併合を防止する。つぎに、銀行看板に含まれる文字列のうち漢数字の”一”の抽出が困難であった。理由として、漢数字の”一”などは、外接矩形の形状から文字部分領域候補となってしまう、文字領域候補レベルまで上がれないためである。これに対して、分解画像における閉領域をラベル付け処理の過程で、各領域内の平均色が求まるため、「文字列は、同じ色によって存在する」ことを仮定した色知識による文字列内の文字候補の欠落の解決を試みた。つまり、平均色を使用したマージング処理終了後、文字領域候補により文字列抽出領域を決定する。つぎに、文字列抽出範囲において、漢数字などの文字部分領域候補矩形が存在するかを調べる。存在する場合において、文字列領域の平均色と先の候補矩形の平均色との色差を調べる。この時の色差は、先に述べた式(11)の計算と同様であり、文字列領域と候補矩形の2つの領域内の色差が30以内の時、文字候補矩形を文字列候補として扱う。

6. 複雑度の実験結果

複雑度により分解画像を作成し、文字列抽出実験を行った。複雑度による抽出例を図9に示

す。結果として、複雑度を用いた分解画像から以前の文字抽出手法で、450文字から404文字を抽出し、89.8%の抽出率の結果を得た。文字列抽出率は、100列中79列を抽出し、79.0%であった。これに対して、色情報によるマージングと色知識を持ちいた文字部分候補のレベルアップによる処理を付与した手法で426文字を抽出し、94.6%の結果を得た。文字列抽出率は、93列で93.0%であった。これにより、交差分解画像を用いた文字抽出率および文字列抽出率を上回る結果となった。

7. おわりに

カラー情景画像からの文字列抽出の手法について述べた。各手法の文字抽出率と文字列抽出率を表1に示す。

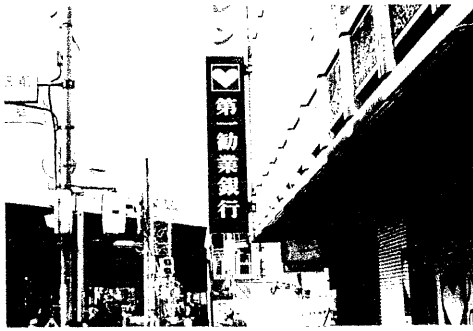
表1 各手法の文字抽出率と文字列抽出率

	文字抽出率	文字列抽出率
等間隔		
分解画像	88.2% (397)	70.0% (70)
交差		
分解画像	92.4% (419)	83.0% (83)
複雑度		
分解画像	89.8% (404)	79.0% (79)
複雑度分解画像(改良型)	94.6% (426)	93.0% (93)

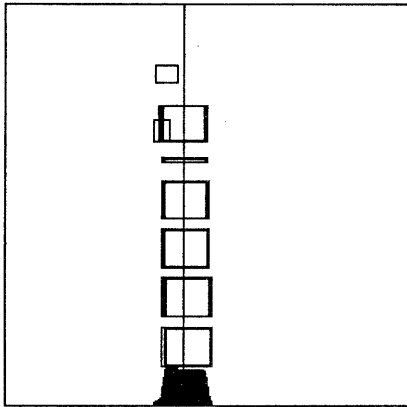
() 内は抽出数

まず、従来の手法である明度値による分解画像と彩度・色相図による色分解画像を用いてカラー情景画像100枚(総文字数450文字)から、文字列抽出を行った。実験結果として、等間隔分解画像から、抽出率は88.2%の結果となった。この方法では、分解した境界線上に文字領域が存在する場合において、良好に文字と背景が分離できない。この問題に対し、等間隔分解画像間に新たな分解画像である交差分解画像を作成し、文字列抽出を行った。それにより、交差分解画像では、407文字で92.4%の抽出率であった。

しかし、分解画像を作成する際、任意の値で分解しているため、画像のボケや雑音の領域を抽出したものや、文字領域を含まない分解画像などもあり、候補矩形数の多さによる異なった



(a) 原画像 (データ番号29)



(b) 抽出画像

図9 複雑度分解画像からの文字列抽出例

矩形同士のマージングが見られ、文字列領域の決定においても良好な位置が得られないなどの問題があった。この文字領域を含む分解画像だけを得る閾値の決定法に、複雑度と呼ばれる尺度を用いて明度分解画像を作成し、文字列抽出の高精度化を試みた。これにより、抽出率は89.8%の結果を得た。また、色情報を付与する事によって94.6%となり、さらに抽出率が向上し、色情報の追加による効果が確認できた。今後は、情景中に存在する文字の対象を拡大し、本手法の有効性を検討するとともに、文字取り巻く環境、位置、形状などの左右されない文字抽出手法についても検討していく。

参考文献

- [1] 三島, 金崎ら”画像処理応用車番認識装置の検討”, 信学技報, PRU86-94 pp.31-36 (1986)
- [2] 安居院, 崔, 中嶋, 横前”画像処理を用

- いたナンバープレート領域の抽出に関する研究”, 信学論, Vol.J70-D no.3 pp.560-566 (1987)
- [3] 藪木, 三木”道路情景画像からの最高速度標識の検出と最高速度の識別”, CV76-18 pp.127-133 (1992)
- [4] 恩田, 笹尾, 青木”廊下の情景画像からのドアと部屋番号の認識システム”, PRU88-145 pp.77-84 (1989)
- [5] 船越, 美濃, 坂井”情景画像中の文字抽出の検討”, 信学総全大, 6-181 (1987)
- [6] 大谷, 塩”情景画像からの文字パターン抽出と認識”, 信学論, Vol.J71-d no.6 pp.1037-1047 (1988)
- [7] 池澤, 隈元”情景画像からの文字列抽出法”, 信学総全大, 7-128 (1994)
- [8] 武田, 岡田”等色線情報に基づくカラー画像の領域分割”, MIRU'94 pp.I161-I168 (1994)
- [9] 上羽, 武田, 岡田”等色線処理によるカラー画像からの文字領域の抽出”, 信学技報, PRU94-28 pp.9-16 (1994)
- [10] 仙田, 美濃, 池田”色分類によるカラー文書画像からの文字パターン抽出法”, MIRU'94 pp.I75-I82 (1994)
- [11] 仙田, 美濃, 池田”階層的な色分類によるカラー画像からの文字パターン抽出法”, 信学総全大, D-289 pp.297 (1994)
- [12] 仙田, 美濃, 池田”文字列の単色性に着目したカラー画像からの文字パターン抽出法”, 信学技報, PRU94-29 pp.17-24 (1994)
- [13] 松尾, 梅田”濃淡及び色情報による情景画像からの文字列抽出”, 信学技報, PRU92-121 pp.25-32 (1993)
- [14] 松尾, 上田, 梅田”カラー情景画像からの文字列情報抽出”, 情処学全大, 1M-6 (1994)
- [15] 松尾, 上田, 梅田”複雑度を用いた情景画像からの文字列抽出の検討”, 情処学全大, 2H-04 (1994)
- [16] 阿部, 大場, 滝山, 中谷”色相・彩度・明度空間での距離を用いたカラー画像領域分割”, 情処学全大, 5F-1 (1991.10)
- [17] 谷口, 河口”二値画像の複雑さと多値画像の閾値処理に関する考察”, 信学論, Vol.J70-D no.1 pp.164-173