

看板理解のための文字列領域抽出法

桃田 健史† 渡部 広一‡ 河岡 司‡

†同志社大学大学院工学研究科 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3

E-mail: †dtf0721@mail4.doshisha.ac.jp, ‡{hwatabe, tkawaoka}@mail.doshisha.ac.jp

本稿では、看板理解のための文字領域抽出法を提案する。入力画像から色の変化が少ない領域、すなわち、安定背景領域を抽出し、円形度を用いて、安定背景領域から看板領域を選ぶ。その抽出された看板領域の中で色の対比関係を用いて、看板の中に描かれている情報領域を抽出する。そして、情報領域において、空白部分を利用して、文字列らしい領域を抽出する。文字列を構成する各文字の大きさが大体同じであることや、文字間隔が大体同じであるという特徴を用いることで、その領域が文字列の性質を満たしているかどうかを判定することで文字列領域の決定を行う。

Extraction method of the character string area for signboard understanding

Takeshi KABATA† Hirokazu WATABE‡ Tsukasa KAWAOKA‡

† Graduate School of Engineering, Doshisha University

1-3 Miyakodani Tatara Kyotanabe-shi, Kyoto, 610-0394 Japan

E-mail: †dtf0721@mail4.doshisha.ac.jp, ‡{hwatabe, tkawaoka}@mail.doshisha.ac.jp

This paper proposes the extraction method of the character string area for the signboard understanding. In the first step, stable background area is extracted as candidates of the signboard area from the input image, and the signboard area is decided by using the degree of circular. In the second step, the information area is extracted from the signboard area by using the contrast of the color. In the third step, candidates of character string area are extracted from the information area by using blank patterns. Finally, the character string area is decided by the feature that the each character size of the character string is similar and each blank space between characters is similar and so on.

1 はじめに

自律的に行動できるロボットを実現するための一つの要素として看板を理解することが挙げられる。そのために、デジタルカメラから入力された情景画像から看板を抽出し、その看板に描かれている情報が何を伝えようとしているか理解する必要がある。そして、看板情報を理解するためには、看板の中に描かれている文字領域を抽出し、認識する必要がある。本稿では、看板理解のための文字領域抽出法を提案する。

これまで、情景画像中の文字領域抽出法として、様々な研究が行われてきた。一文字または文字の一部分らしい領域を抽出し、二つの領域の外接方形の形状や交差状態に基づいて外接方形を統合するマージング処理を用いて、一文字領域を決定して、それらを連結して文字列を抽出するという手法が報告されている^[1]。しかし、文字列の文字間隔や文字形状によっては、マージング処理は適切に行えず、一文字領域が正しく抽出されないことがある。また、看板のように、絵や矢印等の文字領域以外の方形が

存在するときのマージングは困難となる。そこで、本研究では、一文字領域を連結する

ことにより文字列領域を抽出するのではなく、文字列らしい領域を先に抽出し、その領域が文字列の性質を満たしているかどうかを判定することにより文字列の抽出を行う手法を提案する。

2 看板からの文字抽出の流れ

2.1 処理対象

本研究では、情景の中に看板がある画像をデジタルカメラで撮影したものを処理の対象とする。前提条件として、看板に描かれている文字列自体の歪みはないものとする。

2.2 文字領域抽出の流れ

図 1 に入力画像から文字列を抽出するまでの流れを示す。

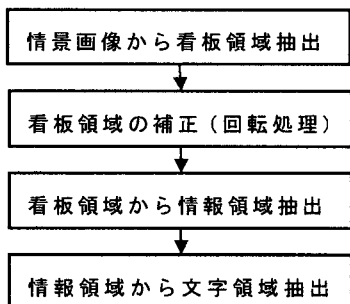


図 1 看板からの文字領域抽出法の流れ

デジタルカメラで撮影された情景画像に対して、看板領域の抽出を行い、その看板領域を真正面からみた形状に補正する。そして、その看板に描かれている情報領域を抽出する。そしてその情報領域に対して、文字列らしい領域を推定し、OCRで認識できるようにする。

3 情景画像からの看板領域抽出

情景画像において、看板の地の部分（看板地領域）は、周りの情景画像に対して色の变化の少ない、すなわち、色の变化が安定している背景を提供している安定背景領域と考えられる。そこで、情景画像中において、安定背景領域の概念を導入することにより、看板地領域候補を抽出する。また、最終的な看板地領域の決定は、円形度を用いることにより行う。看板地領域に対して凸閉包を検出することにより、看板領域が抽出される。

3.1 看板地領域の抽出

情景画像からの看板抽出する前段階として、看板の地の部分、すなわち、看板地領域を抽出する手法を提案する。看板が存在する情景画像において、看板地領域は色の变化が安定しているという特徴、すなわち同じ色の性質をもった画素集合であることを利用して抽出する。

本稿では、HLS（色相、明度、彩度）の特性を用いた看板地領域の抽出方法を提案する。彩度によりある閾値を設定して、原画像（図 2 の (a)）に対して、有彩色画素集合と無彩色画素集合にわけ（図 2 の (b) と (c)）。また、本稿では無彩色画素集合と有彩色画素集合をわけた彩度の閾値を 50 と設定した。ただし、彩度の値がとる範囲は 0~227 である。そして、有彩色集合に対しては、色相を基準としてヒストグラム化することにより、看板地領域候補の抽出を行う。また、無彩色集合に対しては明度を基準にヒストグラム化することにより、看板地領域の抽出を行う。ここでは、例として図 2 の (b) に対して、色相を用いたヒストグラムからの領域抽出法を示す。

図 2 の (b) に対して、色相によって、ヒス

トグラムを作成したものが図 3 の (a) である。そして記録された画素の色距離について、度数最大値 $Max_Distance$ を求める。

そして、度数の $Max_Distance / 10$ より大きい色距離を、目標看板地領域の代表色距離として探し出す。 $Max_Distance / 10$ より大きい色距離をヒストグラム化したものが、図 3 の (b) と (c) である。

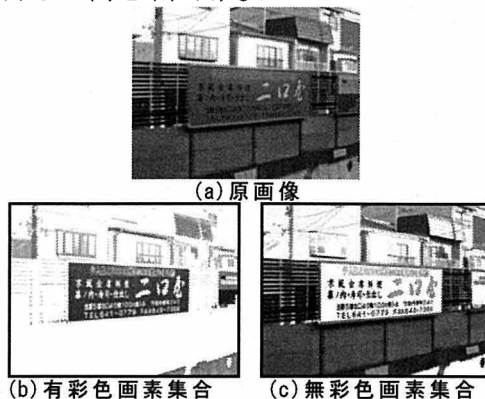
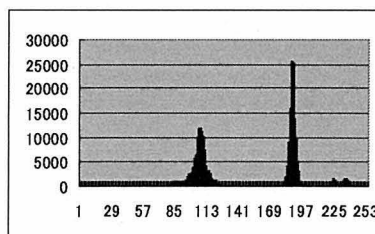
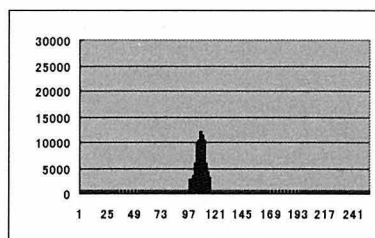


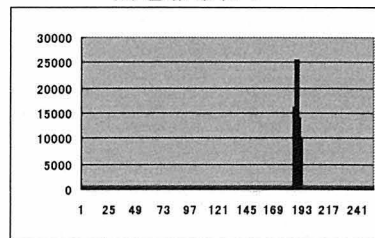
図 2 彩度による画素集合分離



(a) 色相によるヒストグラム化



(b) 色相集合 I

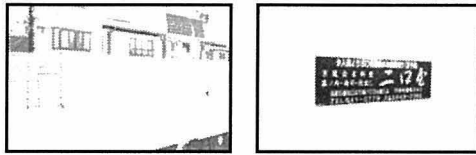


(c) 色相集合 II

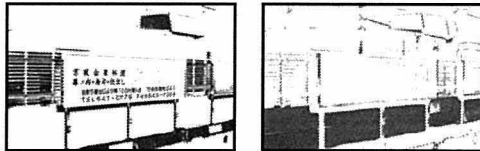
図 3 色相によるヒストグラム化

図 3 の (b) に相当するものを抽出した画像が図 4 の (a) で、図 3 の (c) に相当するものを抽出した画像が図 4 の (b) である。

また、色相と同様にして、図 2 の(c)を明度によってヒストグラム化し、それぞれ画素集合を抽出した結果を図 5 に示す。図 4、図 5 は、看板地領域候補となる。



(a) 色相集合 I (b) 色相集合 II
図 4 色相ヒストグラムによる画像抽出

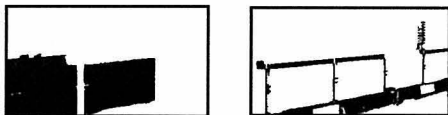


(a) 明度集合 I (b) 明度集合 II
図 5 明度ヒストグラムによる画像抽出

3.2 雑音除去

情景画像中の看板の面積は、ある程度の大きさを持っていなければ、文字の認識が行えない。よって、看板地領域も画像に対してある程度の大きさを持つ必要があるので、面積の小さい領域は除去する。画像サイズの3%以下の連結領域は雑音として除去する。

3.1節で検出した色相集合と明度集合(図 4、図 5)に雑音処理を施すことにより、最終的な看板地領域候補が得られる。得られた看板地領域を図 6 に示す。



(a) 看板地領域候補 I (b) 看板地領域候補 II

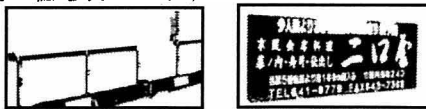


(c) 看板地領域候補 III

図 6 得られた看板地領域候補

3.3 看板地領域の決定

3.2節までで抽出した看板地領域候補から、看板地領域を特定する必要がある。そこで、円形度を用いて看板地領域の決定を行う。図 7 に示すような 2 つの看板地領域の円形度の値を表 1 に示す。



(a) 候補 1 (b) 候補 2

図 7 看板地領域候補の例

表 1 各円形度の値

	円形度
(a) 候補 1	0.031
(b) 候補 2	0.181

表 1 をみると円形度の値に差はあるが、有意な差がみられない。そこで、円形度を計算する前に収縮処理を施し、看板地領域の形状をより特徴づける。本稿では、実験的に求めた 5 回を、収縮処理の回数とする。図 8 に収縮処理後の画像を、表 2 に処理後の画像に対する円形度の値を示す。



(a) 収縮後の候補 1 (b) 収縮後の候補 2

図 8 収縮処理後の画像

表 2 収縮後の円形度の値

	円形度
(a) 収縮後の候補 1	0.094
(b) 収縮後の候補 2	0.403

表 1 と表 2 を比較すると、収縮処理後のほうが、収縮処理前より有意な差があるといえる。これにより、候補 2 が看板地領域であると言える。また、看板地領域であるという判断は、収縮後の円形度が、0.3 以上のものとする。円形度を用いることにより、画像中に看板が複数枚あっても、看板を抽出することが可能となる。

3.4 看板領域の切り取り

3.3 節で決定した看板地領域に対して、凸閉包の検出を行うことにより看板領域を決定する。凸閉包とは、図形の囲む最小凸図形のことである。

図 6 の(c)に対して、凸閉包を検出した結果を図 9 の(a)に、凸閉包の内側にある画素すべてを抽出した結果、すなわち、看板領域を(b)に示す。



(a) 凸閉包 (b) 看板領域

図 9 看板領域の切り取り

3.5 看板領域抽出精度の比較と考察

看板領域の抽出法として、「同時濃度生起行列を用いる抽出法」^[2]と「色距離cDistを用いる抽出法」^[3]が提案されている。これらと、本稿で提案した「HLSの特性を利用した抽出法」の精度比較を行う。評価画像は情景画像中に看板が写っている画像ファイル 30 個を用いる。情景画像中に含まれる看板地領域を抽出できたものには○、一部分抽出したものには△、全く抽出できなかったものには×をつけ精度を見る。

各手法の精度を図 10 に示す。

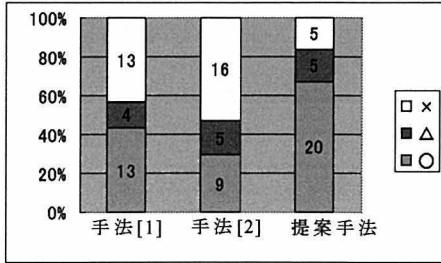


図 10 各手法の抽出精度

図 10 をみるとわかるように、提案手法が精度 83% で一番精度が高く、看板領域の抽出には効果的であるといえる。また、円形度を用いることにより、情景画像において、看板がどこにあっても、何枚あっても抽出できる。しかし、看板の地の部分が単一色である看板しか抽出できないという問題点がある。

4 看板領域の補正

看板領域の補正は、「視点移動による看板領域の補正」^[3] で提案された手法を用いる。

図 11 で抽出した看板領域に対して、回転処理をかけて補正した結果が図 11 である。

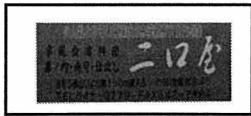


図 11 看板領域の補正

5 看板領域からの情報領域抽出

看板領域からの情報領域の抽出は、「情景画像からの看板の切り出しと看板抽出プログラム」^[2] を利用する。切り出された看板領域の中で、画素の色情報を調べ、看板領域の色情報とその看板に書かれている情報領域の色情報との対比関係を利用して、看板領域の中の情報を抽出する。

図 11 の看板領域から抽出した情報領域は、図 12 のようになる。



図 12 情報領域の抽出

6 文字領域の抽出

前節までの処理で、看板に描かれている情報領域が抽出された。看板には、文字列だけでなく、図 13 の情報領域のように、矢印や絵などの文字領域以外のものが描かれていることが多い。



図 13 絵を含んだ情報領域

そして、図 13 のような絵を含んだ画像を OCR で認識すると、適切に認識しない。そこで、看板に描かれていることを適切に理解するためには、文字領域が書かれている部分を抽出して、OCR にかける必要がある。

6.1 文字領域の抽出手順

文字領域抽出は、図 14 に示すように行う。最初に、情報領域全体の外枠概形を検出する。そして、その外枠概形内において、後述する規則に基づいて、領域分割を行う。そして、分割された領域が、文字列領域であるか、一文字領域であるか、もしくは絵領域であるかの判別をして、文字列領域又は一文字領域の場合は、OCR で文字認識を行う。

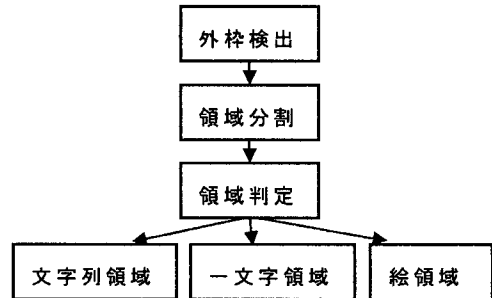


図 14 文字領域抽出の手順

6.2 文字領域の外枠概形検出

情報領域の中から、文字列領域を抽出するために、まず情報領域が描かれている範囲を特定する。そのために、図 15 に示すように外枠概形を検出する。情報領域の x, y 座標の最大値と最小値を求める。 x, y 座標の最小値を始点、最大値を終点とする概形を得ることができる。

これ以降、概形の左端 x 座標を L 、右端 x 座標を R 、上端 y 座標を T 、下端 y 座標を B とする。そして、この概形内で、文字列を探して抽出する処理を行う。

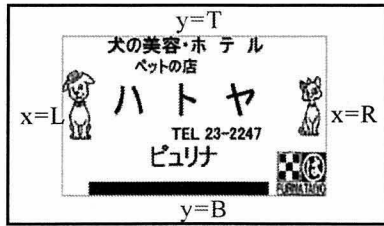


図 15 情報領域の外枠概形

6.3 分割処理 I

分割処理の流れを図 16 に示す。

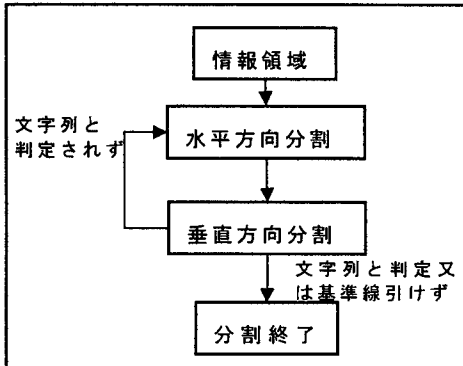


図 16 分割処理の流れ

情報領域に対して、外枠概形の範囲内で、水平方向分割、垂直方向分割を図 16 に示すように再帰的に繰り返す。

6.3.1 水平方向分割

領域分割の第一段階として、まず、6.2 節で検出した概形内において、図 17 のように、 $x=L$ を通る画素一点一点から、水平方向に走査し、黒画素の数を記録する。記録は、概外枠概形下端座標 B を基準とし、概形下端 B の y 座標を 0 として行う。



図 17 水平方向における黒画素総数走査

図 17 において、概形下端 B に対して、 n は何行目かを表し、 $X[n]$ は n 行目の水平方向において、黒画素が何画素あるかを表す。

そして、黒画素の数が 3 画素より小さい行が 3 行以上連続して続いている部分、すなわち、 $X[n-1]<3$ 、 $X[n]<3$ 、 $X[n+1]<3$ を満たす部分を記録する。そして、その記録した部分を基準線とする。基準線は図 18 のようになる。



図 18 基準線（水平方向）

この記録した基準線を基に、領域分割を行う。この基準線で領域を区切った結果が図 19 である。



図 19 水平方向領域分割

6.3.2 垂直方向分割

水平方向分割処理の次の処理として、垂直方向分割処理を行う。垂直方向の分割も、第一段階として、水平方向の分割と同様にして、概形の範囲において、 $y=T$ を通る画素一点一点から、垂直方向に黒画素の数を記録する。しかし、水平方向と同様にして、分割を行うと問題が生じる。例えば、図 20 のような領域を垂直方向に分割する場合を考える。



図 20 領域例

水平方向と同様にして、空白部分を利用して、基準線を検出すると、図 21 のようになる。



図 21 垂直方向の分割基準線

図 21 に引かれた基準線で分割すると、文字列自体を分割する結果となり、文字列を抽出するのに効率的ではない。そこで、垂直方向への分割は、文字列を分割しない、文字列の特徴を考慮した手法を提案する。

文字列には、「文字間隔は一定」、「同じ文字列を構成する文字の大きさは、大体同じ

である」という特徴がある。
この特徴を用いて、領域が文字列の場合は、分割しないようにする。

図 22 のような文字列の場合を考える。



図 22 文字列領域の例

まず、水平方向と同じ処理を施して、空白部分を調べることによって、基準線を検出すると、図 23 のようになる。



図 23 図 22 における基準線

ここで、この基準線を基準として分割される領域を要素領域とする。各要素領域に対して、外接方形をとる。その結果が図 24 である。



図 24 要素領域の外接方形

そして、この外接方形間の隣同士の距離を求める。ここでは、 $d_1=47$ 、 $d_2=39$ 、 $d_3=43$ 、 $d_4=41$ である。そして、文字列領域は隣同士の要素領域（文字列を構成する一文字領域）の距離が、大体同じである。間隔が大体同じということは、要素領域間のそれぞれ距離の中で最も大きな距離が、他の距離と比べて、突出して大きくないということである。最も大きい距離 D_{max} と、その次に大きい距離 $D_{secondmax}$ が以下の条件を満たしていれば文字列の条件を満たしているとする。

$$D_{max} / D_{secondmax} < 1.5 \quad \dots (条件 1)$$

また、各要素領域の縦幅を求めると、「同」の文字が $t_1=78$ 、「志」の文字が $t_2=82$ 、「社」の文字が $t_3=85$ 、「大」の文字が $t_4=83$ 、「学」の文字が $t_5=86$ となる。これも距離と同様に最も大きな縦幅が、他の縦幅と比べて、突出して大きくないということを満たせば良いので、最も大きい縦幅 T_{max} と、その次に大きい縦幅 $T_{secondmax}$ が以下の条件を満たしていれば文字列の条件を満たしているとする。

$$T_{max} / T_{secondmax} < 1.5 \quad \dots (条件 2)$$

この 2 つの条件をどちらも満たしていればその領域は、文字列領域であると判断する。

図 24 の例では、 $d_1/d_4=1.1$ 、 $t_5/t_3=1.01$ となり、2 つの条件を満たしているので、文字列領域と判断できる。そして、(条件 1) を満たしていない場合は、 D_{max} 部分に相当するところに基準線を引く。例として、図 20 に基準線を引くと図 25 のようになる。そして、水平方向分割と同じようにこの基準線

を基に分割する。



図 25 垂直方向分割の基準線

また、(条件 2) を満たしていない場合は、 T_{max} 部分に相当する空白部分前後に基準線を引く。しかし、図 26 のように、要素領域が 2 つの場合は、領域間の距離が 1 つしかないので比較処理が行えない。そこで、要素領域が 2 つの場合は、例外処理をする必要がある。



図 26 要素領域が 2 個の例

ここで、要素領域が 2 個の場合は、縦幅だけでなく横幅もみる。要素領域の 1 個目の縦幅を T_1 、横幅を Y_1 、2 個目の縦幅を T_2 、横幅を Y_2 とすると、文字列である条件は以下のように定義する。

$$T_1/T_2 < 1.2 \quad \text{かつ} \quad Y_1/Y_2 < 1.2 \quad \dots (条件 3)$$

図 26 の「大」の文字の外接方形の縦幅は $t_1=88$ 、横幅は $y_1=88$ で、「学」の文字の外接方形の縦幅は $t_2=83$ 、 $y_2=86$ である。

$t_1/t_2=1.04$ 、 $y_1/y_2=1.01$ となり(条件 3)を満たしているので文字列であるといえることができる。(条件 3) を満たさない場合は、基準線で領域を分割する。以上の垂直方向の分割処理をすることにより、図 19 の(b)は、図 27 のように分割される。



(a) 領域 I (b) 領域 II

図 27 図 19 の(b)の垂直方向分割

ここで、図 27 の(a)をみると、垂直方向に分割できる。これは、分割した領域に対して、さらにまた分割していくという再帰的な処理をしている。そして、文字列と判定される、または、基準線が引くことができなくなるまで、水平方向分割処理と垂直分割処理を分割された全ての領域に対して、再帰的に繰り返す。以上の分割処理を行った結果が、図 28 である。

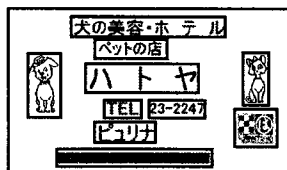


図 28 図 13 の分割処理結果

6.4 分割処理 II

6.3 節では、基準線を基に分割処理を行ったが、垂直方向にも水平方向にも、図 29 のように、基準線が引けない場合がある。



図 29 基準線が引けない情報領域

そこで、基準線が引けないときの分割処理が必要となる。この場合の処理方法として、概形内の 1 行ずつにおいて、白画素が連続している部分が最大の長さを持つ線分を調べる。そして、白画素が連続している部分が、 $(R-L/2)$ 以上ある場合は、その線分を記録しておく(図 30)。



図 30 白画素連続部分検出

そして、記録された n 行目の線分の始点 $s(n)$ 、終点 $e(n)$ と、 $(n+1)$ 行目の始点 $s(n+1)$ 、終点 $e(n+1)$ で、

$$|s(n)-s(n+1)| < 5 \text{ かつ } |e(n)-e(n+1)| < 5$$

を満たす部分は、同じグループとする。そのグループが何行で構成されているかを記録しておく。そして、各グループの中で、最も長い線分をそのグループの代表の線分とする。グループ分けして代表線分を引いた画像が図 31 である。



図 31 各グループの代表線分

そして、行数が最大行数で構成されているグループの代表線分を、分割のための基準線とする。図 31 の場合は図 32 のようになる。



図 32 分割のための基準線

この基準線が、概形の上端に近い場合は、基準線と概形の上端を通る直線を、概形の下端に近い場合は、基準線と概形の下端を通る直線を基に分割処理を行う。図 32 の場合は、基準線が概形の上端に近いので、基準線と概形の上端を通る直線をもとに分割をする。

基準線と概形上端を通る直線の間で、基準線左端から垂直方向に、黒画素が一つもない点、すなわち白画素が連続している線

分を検出していき、初めて黒画素と交わった点が分割のための線分になる。同様にして、基準線の右端からも検出する。結果は図 33 である。



図 33 検出された線分

この検出された線分と、基準線と概形上端を通る直線で区切られた領域を抽出し、分割したのが図 34 である。



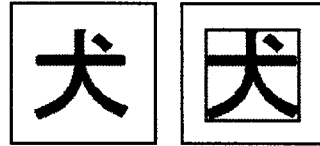
図 34 分割結果

また、基準線と上端を通る線分または、基準線と下端を通る線分の間に、垂直方向に白画素が連続している線分が検出されない場合、2 番目に多い行数で構成されているグループの代表線分と基準線を基に同様の処理を行うものとする。

図 34 の(b)をみてわかるように、垂直方向に分割できる。この節で分割された画像に対して、繰り返し 6.3 節で述べた分割処理をしていく。

6.5 領域判定

最終的に分割された領域に対して、それぞれの領域が、文字列領域、一文字領域、絵領域のいずれであるかを判定する。文字列領域は、6.3 節で述べた手法で判別するものとする。この節では、文字列領域と判定されなかった領域が一文字領域または絵文字領域のどちらであるかの判定をする手法の説明をする。図 35 に示すように、文字列領域以外と判定されている領域に対して、外接方形を検出する。



(a) 領域例 (b) 外接方形

図 35 領域例と外接方形

外接方形の中に対する文字の黒画素の面積の割合を調べる。表 3 は、アルファベット、ひらがな、漢字、カタカナを含む 100 個のデータを対象として、外接方形に対する文字の面積の割合を表したものである。

表 3 外接方形に対する文字の面積率

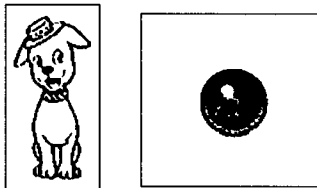
平均面積率	0.42
最大面積率	0.61
最小面積率	0.25

表 3 を参考にして、外接方形の中に対する文字の黒画素の面積の割合 R は、 $R < 0.65$ を満たしていれば、文字領域であるとする。よって、

1. アスペクト比が $2/3 \sim 3/2$ の範囲であること
2. 外接方形に対する面積の割合 R が $R < 0.65$ であること

を満たしていれば一文字領域、満たしていなければ絵領域とする。一文字領域と判定された場合は OCR で認識する。

また、絵領域の例を図 36 を示す。



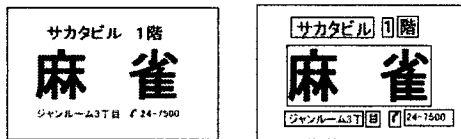
(a) 領域例 I (b) 領域例 II

図 36 絵領域

図 36 の(a)はアスペクト比が 2.12 なので、絵領域である。また、図 36 の(b)は外接方形に対する面積の割合が 0.71 なので絵領域であると判定される。

7 実験と考察

データ 50 個の情報領域に対して、文字列領域が抽出できるかどうかの実験を行う。評価方法は、○が完全に正解、△が大部分正解、×が一部分正解または不正解で判定する。意味的におかしくない文字列が抽出できたら、正解とする。例として、図 37 で説明する。



(a) 情報領域例 (b) 抽出結果

図 37 情報領域と文字領域抽出結果

図 37 の(b)をみると、「サカタビル」や「24-7500」などの文字列は、意味的におかしくないで正確に抽出できているとする。しかし、「ジャンルーム3丁目」と「目」の部分を見ると、これらは本来、一緒の文字列であるため分割されているのは、意味的におかしいので、不適切であるとする。また、その情報領域に含まれている文字列の個数に対して 50%以上文字列を正確に抽出できたら、大部分正解の△とする。50%以下の場合、一部分正解、または不正解の×とする。図 37 は、5 個の文字列領域が抽出できていたら、完全に正解である。実際の処理を行うと、3 個の文字列領域は正確に抽出できているので、全体の 60%の文字列が抽出できているので、大部分正解の△になる。

上記のように、実験を行うと、図 38 のような結果が得られた。

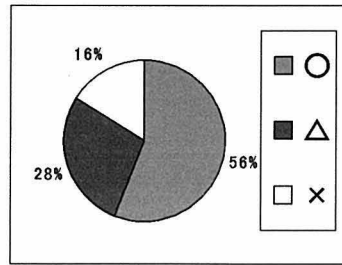


図 38 実験結果

文字列抽出精度は、○と△を合わせると 84%となった。情報領域から文字列が精度良く抽出されており、看板理解のための文字列領域抽出法としては、有効であると考えられる。失敗例としては、文字列の判定が適確に行われずに文字列領域が分割される場合、提案手法の分割方法では、領域分割に失敗するケースがみられた。外接方形のアスペクト比や横幅などの要素を処理に導入する必要があると考えられる。

8 おわりに

本稿では、情景画像中にある看板の文字列の抽出方法について提案した。マージング処理を用いた手法の問題点であった、一文字領域が正しく抽出されない場合、絵や矢印等の文字領域以外の方形が存在するとき場合についても、本稿の提案手法は精度良く抽出できる。課題としては、文字列領域の判定方法の再検討、提案手法では、分割ができない領域の分割手法の考案などが残った。今後、歪んだ文字列の抽出にも対応できるようにすれば、世の中の多くの看板の理解はできるようになると考えられる。

謝辞

本研究は文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクトにおける研究の一環として行ったものである。

参考文献

- [1] 松尾賢一、上田勝彦、梅田三千雄、“適応しきい値法を用いた情景画像からの看板文字列領域の抽出”電子情報通信学会論文誌、D-II、Vol. j80-D-II、No.6、pp.1617-1626、1997。
- [2] 周景龍、渡部 広一、河岡 司、“情景画像からの看板領域と看板中の情報抽出—安定背景領域の推定—”，信学技報、PRMU2002-217、pp.37-42、2003。
- [3] 秦川、渡部 広一、河岡 司、“看板文字の認識を可能とするための看板画像補正”，情報科学技術フォーラム FIT2003、I-031、2003。