

**情景画像における看板抽出アルゴリズム  
の開発に関する研究**

**2015**

**野村 松信**

## 内 容 梗 概

現在、画像処理技術は、コンピュータの高性能化と低コスト化により、地球観測衛星の画像解析や医療分野などの研究分野だけではなく、産業界や娯楽業界など現代社会の様々な場所で応用されている。個人のレベルでも、カメラ機能付き携帯電話やスマートフォン、タブレット端末が広く普及し、多くの情景画像を気軽に撮影できるようになった。その撮影された情景画像から自動的に文字列領域を抽出し、文字情報を認識できる技術が確立されれば、様々なシステムとの連携が可能になると考える。しかしながら、屋外で取得される情景画像は、観測対象の色を構成する輝度値が一様とは限らないことや、同一観測対象であっても天候や時間帯などのデータ取得条件によっては、異なる対象物と誤認識されることが起こり得るなどといった屋外特有の課題を有する。さらに、看板内の文字列方向の制限や処理時間に課題を有する。本研究が目標とする看板認識システムは、昼夜を問わず利用できるシステムである。その実現のためには、(1)文字列の方向に制限がないこと、(2)横型・縦型の両タイプの看板における文字列抽出が可能であること、(3)日中および夜間の両方の時間帯に取得された情景画像に適用可能であることなどの特徴を有したアルゴリズムの開発が必要である。

そこで本論文では、日中および夜間に取得された情景画像の特徴を考慮して看板内文字列抽出処理を自動化し、文字列方向の制限が無く、高い抽出率を有し、かつ高速処理を可能にするアルゴリズムについて検討を行った。本論文は、システム実用化のための要素技術を開発し、工学上の発展に寄与することを目的とするものであり、全5章より構成されている。

第1章を緒論とし、ここでは本研究の背景と目的および本論文の主題である情景画像を対象とした文字列抽出に関する関連研究を概観するとともに、本論文の内容について述べている。

第2章では、一般的な看板および電光看板についての種類とその特徴について検討し、次に、本研究で使用した日中および夜間の情景画像データの取得方法・取得場所および対象看板の特徴、データセットの設定について述べている。さらに、本研究において情景画像から文字列抽出のために着目した情景画像中の特徴について述べている。

第3章では、日中に取得された看板データを用いて、看板内文字列の抽出率向上および処理時間の高速化を図るアルゴリズムについて検討を行った。はじめに、看板内文字列領域抽出法の処理手順と手法の検討内容について述べた。次に、提案手法の有用性を検証するため、NAT法と色情報を用いた2値画像およびエッジ情報に着目して文字列領域を抽出する手法（以下、比較手法と表記する）による結果との比較を行った。その結果、提案手法は、対象看板のカラー看板319枚中313枚(98.1%)、白黒看板569枚中513枚(90.2%)の看板を抽出可能であることを明らかにした。また、提案手法は約0.71秒で処理可能であることを明らかにした。

すなわち、比較手法に比較し、提案手法の抽出率および処理速度は向上する結果が得られ、その有用性を明らかにした。

第4章では、夜間に取得された情景画像中の電光看板内文字列抽出アルゴリズムについて検討を行った。電光看板データは、電光看板の背景色の色情報が不定で部分的に変化しているため、日中の看板データと比較し、抽出が困難となる場合が存在する。そこで、抽出率向上を目的とし入力データが夜間データか否かを判別する処理について検討を加えた。さらに、夜間データについては、看板候補領域抽出処理において明度値による抽出処理を追加することで抽出率が向上することを明らかにした。最後に、提案手法の有用性を検証するため、抽出率と処理速度を算出した。その結果、提案手法は、対象電光看板465枚中306枚(65.8%)の抽出が可能であることを明らかにした。また、提案手法は約9.6秒で処理可能であることを明らかにした。

第5章は結論で、本研究で得られた主な成果と本論文の工学的意義および今後に残された諸問題について述べている。

## 目 次

第 1 章 緒論	1
1.1 本研究の背景と目的	1
1.2 情景画像を対象とした文字列抽出に関する関連研究	3
1.3 本論文の内容	5
1.4 本論文で用いる主な用語	6
第 1 章 文献	7
第 2 章 看板および使用画像データ	8
2.1 看板および電光看板の種類	8
2.2 看板および電光看板の特徴	10
2.3 使用画像データ	12
2.3.1 使用カメラの概要	12
2.3.2 画像データの取得	13
2.3.2.1 日中の画像データの取得	13
2.3.2.2 夜間の画像データの取得	15
2.3.3 対象看板	17
2.3.4 データセットの設定	19
2.3.4.1 日中に取得された画像データ	19
2.3.4.2 夜間に取得された画像データ	20
2.4 使用特徴量	21
2.4.1 色相・彩度・明度の算出	22
2.4.2 赤み・青みの算出	24
2.4.3 円形度の算出	25
第 2 章 文献	26
第 3 章 日中に取得された看板データに関する検討	27
3.1 はじめに	27
3.2 看板内文字列領域抽出法	29
3.2.1 看板候補領域抽出処理	30
3.2.1.1 粗視化处理	31
3.2.1.2 色相範囲分割処理	32
3.2.1.3 マスクを用いた輝度差算出処理	36
3.2.1.4 白黒看板抽出処理	37
3.2.1.5 2 値化处理およびノイズ除去処理	44
3.2.1.6 ラベリング処理	47
3.2.1.7 整形処理	48
3.2.1.8 円形度による看板候補領域抽出処理	50
3.2.2 非看板領域棄却処理	52
3.2.2.1 明度・赤み・青みの最大分散比を用いた棄却処理	53
3.2.2.2 エッジ要素画素数を用いた棄却処理	54

3.2.3	エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理	58
3.3	比較に用いた手法および評価方法	59
3.3.1	比較手法の概要	59
3.3.2	NAT 法を利用した 2 値画像作成	60
3.3.3	色情報を利用した 2 値画像作成	60
3.3.4	評価方法	61
3.4	実験結果および評価	63
3.4.1	実験条件	63
3.4.2	提案手法と比較手法の抽出結果の検討	63
3.4.3	提案手法と比較手法の処理時間の検討	68
3.5	まとめ	69
第 3 章	文献	70
第 4 章	夜間に取得された電光看板データに関する検討	71
4.1	はじめに	71
4.2	電光看板内文字列領域抽出法	72
4.2.1	夜間データ判別処理	74
4.2.2	電光看板候補領域抽出処理	78
4.2.2.1	電光看板候補領域抽出処理の概要	78
4.2.2.2	明度値による抽出処理	79
4.2.3	非看板領域棄却処理	81
4.2.3.1	非看板領域棄却処理の概要	81
4.2.3.2	エッジ要素画素数を用いた棄却処理	82
4.2.4	エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理	84
4.3	比較に用いた手法および評価方法	85
4.3.1	比較手法の概要	85
4.3.2	評価方法	85
4.4	実験結果および評価	87
4.4.1	実験条件	87
4.4.2	提案手法と比較手法の抽出結果の検討	87
4.4.3	提案手法と比較手法の処理時間の検討	89
4.5	まとめ	90
第 4 章	文献	91
第 5 章	結論	92
5.1	本論文により得られた主な知見	92
5.2	本論文の工学的意義	94
5.3	今後に残された諸問題	95
	謝辞	96
	本研究に関連する発表論文	98

## 第 1 章 緒論

### 1.1 本研究の背景と目的

現在、画像処理技術は、コンピュータの高性能化と低コスト化により、地球観測衛星の画像解析や医療分野などの研究分野だけではなく、産業界や娯楽業界など現代社会の様々な場所で応用されている<sup>(1)(2)</sup>。具体的には、光学式文字読取装置(OCR)を利用した郵便物の郵便番号の読み取り<sup>(3)</sup>、品質保証のための部品検査過程における欠陥検査<sup>(4)</sup>、レーダーと組み合わせた障害物回避<sup>(5)</sup>や自動車の安全運転支援の応用への利用<sup>(6)</sup>、指紋認証などの認証システムへの活用<sup>(7)</sup>、顔検出<sup>(8)</sup>によるカメラの自動フォーカスや関連した画像検索など、画像処理技術を活用したシステムが我々の生活の様々な場面で活用されている。

個人のレベルにおいても、カメラ機能付き携帯電話やスマートフォン、タブレット端末が広く普及しており、これらの機能を利用すると、多くの情景画像（屋外で撮影される自然の風景などの画像）を気軽に撮影できるようになった。

また、すでに画像読み取り機能を活用した QR(Quick Response)コードによる様々な情報提供サービスも普及している。例えば、商品紹介チラシ、広告用ポスター、パンフレット、航空券などの入場券、ならびに屋外の広告看板の文字情報と併に付加され利用されている場合もあり、社会に広く普及している。QRコードを用いたシステムでは、QRコードを正確に読み取るための操作が複雑であるため、高性能携帯端末などの操作に不慣れな高齢者などには、利用できない場合がある。加えて、すでに設置済みの看板に新たに QRコードを付加するためには、看板の内容を変更するための技術的な課題や経済的負担による課題など、QRコードの付加が困難な場合がある。一方、スマートフォンなどを利用し、身の回りの情景画像を撮影する操作は非常に容易であり、その撮影された情景画像から自動的に文字列領域を抽出し、文字情報を認識できる技術が確立されれば、様々なシステムとの連携が可能になると考える。例えば、道路交通の安全性や利便性向上を目的とした道路交通情報システムとの連携、翻訳システムなどとの連携により日本語が読めない外国人への情報サービスの提供、さらには、検索システムとの連携により QRコードを付与することなく、様々な店舗情報へのアクセスを容易にする（図 1.1 参照）。これらシステムの実用化を想定した場合、文字列領域の抽出精度の向上とアルゴリズムの処理速度の高速化に関する検討が必要である。

屋外で取得されるカラー情景画像は、観測対象の色を構成する輝度値が一様とは限らないことや、同一観測対象であっても天候や時間などのデータ取得条件によっては、異なる色と誤認識されることが起こり得るなどといった屋外特有の課題を有する。このため、カラー情景画像を対象とした従来研究では、看板内の背景色が無彩色である看板は抽出が困難であること、ならびに濃淡情報画像を対象とした場合では、看板内における背景色と文字色の明度差が低い看板は抽出が困難であること

などの課題を有していた。従って、精度良く看板内の文字列領域を抽出するためには、看板内の背景色が有彩色または無彩色である場合においても、看板内の背景色と文字色の色情報および文字列の特徴を考慮可能なアルゴリズムを開発する必要がある。

本研究が目標とする看板認識システムは、昼夜を問わず利用できるシステムである。そのためには、(1)文字列の方向に制限がないこと、(2)横型・縦型の両タイプの看板における文字列抽出が可能であること、(3)日中および夜間の両方の時間帯に取得された情景画像に適用可能であることなどの特徴を有したアルゴリズムの開発が必要である。

そこで本論文では、日中および夜間に取得された情景画像の特徴を考慮して看板内文字列抽出処理を自動化し、文字列方向の制限が無く、高い抽出率を有し、かつ高速に処理を行うことのできるアルゴリズムについて検討を行った。本論文は、システム実用化のための要素技術を開発し、工学上の発展に寄与することを目的とする。

本論文では、処理速度および抽出精度の向上を目的として、はじめに、「日中に取得された看板データ」を用い、看板の特徴量である背景色の色相範囲の分布に注目し、看板候補の抽出と非看板候補の棄却を行うことで高速で抽出率が向上するアルゴリズムの検討を行った。次に、システムの実用化には、夜間に撮影された情景画像についても検討が必要であるため、「夜間に取得された電光看板データ」について検討を行った。夜間に取得された電光看板データは、背景色の色情報が不定で部分的に変化しており、日中データと比較し、看板領域の抽出が困難な場合が存在する。そこで、入力データを夜間データか否かを判別する処理を導入した手法を提案し、検討を加えた。さらに、提案する看板の文字列抽出アルゴリズムの有用性を検証するため、提案手法を用いて抽出率と処理速度について検討を加えた。



図 1.1 他のシステムとの連携例

## 1.2 情景画像を対象とした文字列抽出に関する関連研究

一般に、撮影条件が安定した室内で撮影された画像中やスキャナーなどから取り込まれた文書画像中に存在する文字列を抽出する場合と比較し、屋外で撮影された情景画像中の文字列を抽出することは、天候や日照条件および複雑な背景情報によって撮影条件が不安定となるため、抽出が困難な場合が多い。

情景画像を対象とした文字列抽出に関する関連研究としては、次のようなものがある。劉氏ら<sup>(9)</sup>は、屋外で走行する自律移動ロボットへの応用を目的に、CCDカメラから入力された濃淡情景画像から空間周波数が高く輝度コントラストが大きい領域を文字候補領域として抽出する方法を提案している。斉藤氏<sup>(10)</sup>は、濃淡情景画像の中から、遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)を適用し、画像内の文字列領域の姿勢情報を個体の染色体によって表現し、文字列領域が持つ特徴に基づいて集団内の各個体の適応度を求めることで、1箇所文字列を高精度(学習用画像で100%、未学習画像で93.8%)で抽出する方法を提案している。松尾氏ら<sup>(11)</sup>は、カラーCCDカメラから入力された銀行看板の縦1列の文字列を高精度に抽出することを目的に、適応しきい値法により明度情報を用いた方法を提案している。平山氏ら<sup>(12)</sup>は、一般的なデジタルカメラで撮影した情景画像中から直線的に並んでいる文字列を高精度に抽出することを目的に、前処理としてWMFAD(Weighted Median Filter based Anisotropic Diffusion)により平滑化処理を施した後、明度情報およびカラー情報を利用して2値画像を作成し統合する方法を提案している。山口氏ら<sup>(13)</sup>は、処理速度の向上を目的に、輝度ヒストグラムの形状に基づいた識別器と非線形SVM(Support Vector Machine)を用いた方法を提案している。傅氏ら<sup>(14)</sup>は、情景画像中から看板文字を抽出し、その看板文字をキーとした情報活用システムとの連携を目的に、 $L^*a^*b^*$ 均等色空間での階層クラスタリングを用いた方法を提案している。張氏ら<sup>(15)</sup>は、カメラ機能付き携帯端末上での利用を前提とし、ユーザが文字領域を簡易指定することにより高精度の抽出率を実現することを目的に、可変テンプレートを用いた領域拡張法を用いた方法を提案している。高橋氏ら<sup>(16)</sup>は、情景画像中からハンゲル文字を精度良く抽出することを目的に、ハンゲル文字の構造特徴を用い、エッジ情報と色情報を用いた方法を提案している。さらに、松田氏ら<sup>(17)</sup>は、情景画像中の文字列を高精度で抽出することを目的として、NAT法(Noise Attribute Thresholding method)<sup>(18)</sup>をベースとして色情報およびエッジ情報を統合した方法などを報告している。

しかしながら、上記方法はシステムの実用化を図る上で以下に示す制限や課題を有している。

- (1)文字が一行の看板を対象にしている<sup>(10)~(12)</sup>
- (2)傾きを有する看板への適用が困難である<sup>(9)~(12)</sup>
- (3)対象画像を占める文字領域の割合が高い<sup>(13)(14)</sup>
- (4)ユーザによる領域指定が必要となる<sup>(15)</sup>

- (5) 実用化するには抽出率が低い<sup>(16)</sup>
- (6) 対象とする文字列の方向が横方向のみである<sup>(17)</sup>
- (7) 処理時間の短縮化が必要である<sup>(17)</sup>
- (8) 夜間に取得された情景画像は未検討である<sup>(9)~(17)</sup>

以上のように、情景画像を対象とした文字列抽出に関する研究は、室内で撮影された画像や文書画像中の文字列抽出に比較し、現在も多くの課題を有している。従って、システムの実用化のためには、様々なアルゴリズムについても検討を加える必要がある。

### 1.3 本論文の内容

本論文は全 5 章より構成され、第 1 章を緒論とした。

第 2 章では、本研究の対象である看板および電光看板の特徴などについて述べた上で、本研究で利用した画像データの詳細について述べた。はじめに、一般的な看板および電光看板についての種類と特徴について検討した。次に、本研究で利用した日中および夜間の情景画像データの取得方法・取得場所および対象看板の特徴、データセットの設定について述べた。さらに、本研究において情景画像から文字列抽出のために着目した情景画像中の特徴について述べている。

第 3 章では、日中に取得された看板データを用いて、情景画像中の看板内文字列抽出の抽出率向上および処理時間の高速化を図るアルゴリズムについて検討を行った。はじめに、看板内文字列領域抽出法（以下、提案手法と表記する）の処理手順と手法の検討内容について述べた。すなわち、提案手法では、看板の背景色の特徴を捉えて、色相および濃淡範囲をそれぞれ 3 分割し、色情報と形状情報を用いて看板候補領域の抽出と非看板領域の破棄を行う。次に、看板内の文字列が一つの情報を提示する構成単位であると仮定し、エッジ情報を用いて文字列領域の抽出を行うというアルゴリズムを提案した。さらに、提案手法の有用性を検証するため、NAT 法と色情報を用いた 2 値画像およびエッジ情報に着目した文字列領域を抽出する手法（以下、比較手法と表記する）による結果との比較を行った。その結果、提案手法は、抽出率および処理速度ともに比較手法よりも向上しており、その有用性を明らかにした。

第 4 章では、目標とする看板認識システムの実用化を想定した場合、夜間に取得された情景画像データについても検討を加える必要がある。そこで、電光看板データを対象として検討を加えた。電光看板データは、背景色の色情報が不定で部分的に変化しており、日中の看板データと比較し、抽出が困難となる場合が存在する。そこで、抽出率向上を目的とし入力データが夜間データか否かを判別する処理について検討した。さらに、夜間データについては、看板候補領域抽出処理において明度値による抽出処理を追加することで抽出率が向上することを明らかにした。最後に、夜間データに関しても、提案手法は比較手法と比較し、抽出率および処理速度ともに向上しており、提案手法の有用性を明らかにした。

第 5 章では、本研究で得られた主な成果と本論文の工学的意義および今後に残された諸問題について述べている。

## 1.4 本論文で用いる主な用語

本論文で使用する用語について、以下に解説を加える。

- **電光看板**

看板本体の中に蛍光灯などの発光体を取り付け、内側から照らす内照式看板のことである。電光掲示板やネオンサインとは区別する。

- **色相 (Hue)・彩度 (Saturation)・明度 (Intensity/Brightness)<sup>(19)(20)</sup>**

本論文で使用する色相・彩度・明度は、HSI 六角錐カラーモデルの概念で算出される値である（詳細は、2.4.1 参照）。明度 (I) は明るさを、彩度 (S) は鮮やかさを、色相 (H) は色合いを意味する。S と I の値域は [0,255] であり、H の値域は [0,2 $\pi$ ] である。

- **CIELAB 色空間 (L\* a\* b\* 表色系, CIE 1976 L\* a\* b\* 色空間)<sup>(19)(20)</sup>**

1976 年に CIE（国際照明委員会）が勧告した均等色空間であり、色の変化が知覚的に均等となる色空間である。均等色空間におけるユークリッド距離は、色の知覚的な違いを定量的に表す指標であり、「色差」と呼ばれている。

- **明度値・赤み・青み<sup>(19)(20)</sup>**

CIE が定めた均等色空間 (L\* a\* b\* 表色系) の L\* 値は明るさである明度値を、a\* 値は正に大きいほど赤みが強く、負に大きいほど緑みが強いことを、b\* 値は正に大きいほど黄みが強く、負に大きいほど青みが強いことをそれぞれ示している。

- **RGB 表色系・輝度 (輝度値)<sup>(19)(20)</sup>**

RGB 表色系は、W.D.Wright 氏と J.Guild 氏の等色実験結果に基づいて決定されたもので、CIE では 3 原色として 700.0, 546.1, 435.8nm の 3 種類の単色光を定めた。光の 3 原色である赤 (Red)、緑 (Green)、青 (Blue) の値を輝度 (輝度値) で表し、それぞれの値域は [0,255] である。

- **NAT 法 (Noise Attribute Thresholding method)<sup>(18)</sup>**

2001 年に H.S.Don 氏が考案した手法で、ノイズ特性を利用し、裏書き文字のある文書画像に対して有効な 2 値化手法である。

## 第1章 文献

- (1) Richard Szeliski : 「コンピュータビジョン」, 共立出版(2014)
- (2) 田村 : 「コンピュータ画像処理」, オーム社出版局(2010)
- (3) Yann's Website 「LeNet5, Convolutional neural networks」 Web サイト :  
<http://yann.lecun.com/exdb/lenet/>
- (4) 因幡電機産業 (株) Web サイト : <https://gaikangazou-kensa.com/>
- (5) Mobileye Web サイト : <http://www.mobileye.com/>
- (6) Leibe B.,Cornelis N., Cornelis K., et al., “Dynamic 3D scene analysis from a moving vehicle”, IEEE ,CVPR, pp.1-8 (2007)
- (7) (株) DDS Web サイト : [http://www.dds.co.jp/technology/ub\\_safe.html](http://www.dds.co.jp/technology/ub_safe.html)
- (8) 「The Face Detection」 Web サイト : <http://www.facedetection.com/>
- (9) 劉, 山村, 大西, 杉江 : 「シーン内の文字列領域の抽出について」, 信学論, Vol.J81-D2, No.4, pp.641-650(1998)
- (10) 斉藤 : 「遺伝的アルゴリズムを用いた濃淡情景画像中の看板文字列抽出」, 電学論 C, Vol.121, No.10, pp.1555-1561(2001)
- (11) 松尾, 上田, 梅田 : 「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」, 信学論, Vol.J80-D2, No.6, pp.1617-1626(1997)
- (12) 平山, 大町, 阿曾 : 「カラー情報と明度情報を利用した情景画像中の文字列高精度抽出」, 信学論, Vol.J89-D, No.4, pp.893-896(2006)
- (13) 山口, 丸山 : 「階層型識別器を用いた情景画像からの文字抽出手法」, 信学論, Vol.J88-D2, No.6, pp.1047-1055(2005)
- (14) 傅, 長井, 金子, 樽松 : 「情景画像からの看板領域および看板文字の自動抽出」, 映情学, Vol.57, No.7, pp.819-828(2003)
- (15) 張, 長井, 樽松 : 「ユーザの簡易指定に基づく情景中の文字抽出と認識」, 情処学論, Vol.46, No.10, pp.2556-2565(2005)
- (16) 高橋, 金, 中嶋 : 「ハングルの構造特徴を用いた情景画像からのハングル文字列領域抽出」, 信学論 (D-II), Vol.J88-D-II, No.9, pp.1808-1816(2005)
- (17) 松田, 大町, 阿曾 : 「2 値化とエッジ抽出による情景画像からの文字列高精度検出」, 信学論, Vol.J93-D, No.3, pp.336-344 (2010)
- (18) Hon-Son Don : “A noise attribute thresholding method for document image binarization”, International Journal on Document Analysis and Recognition, Vol.4, pp.131-138 (2001)
- (19) 日本色彩学会編 : 「新編 色彩科学ハンドブック (第 2 版)」, 東京大学出版会 (1998)
- (20) 篠田, 藤枝, 「色彩工学入門」, 森北出版株式会社 (2007)

## 第 2 章 看板および使用画像データ

### 2.1 看板および電光看板の種類

看板とは、「屋外広告物法」<sup>(1)</sup>により定められた条件を満たし、商店などが店名・業種・商品名などの情報を道路利用者の目に付きやすいように屋外に掲げたものである。

看板の種類は非常に広く多種多様であり、分類方法は、形態（材質）による分類、設置場所による分類、業種別による分類やその他にアイデア看板、キャラクター看板など様々である<sup>(2)(3)</sup>。本研究では、現在、主に商店街の歩行者や道路利用者に目に付きやすいように設置されている文字看板を研究対象とした。例えば、設置場所による分類としては、建物の屋上に設置される屋上看板、建物の壁面に直接取り付けられる壁面看板、建物の壁面から突き出して設置する袖看板、地面に基礎を作り、ポールに取り付けられる野立て看板、ならびに人間の目線と同じ高さに置かれるスタンド看板などが挙げられる。主な看板の設置場所による種類の例を図 2.1 に示す。

一方、本研究で対象とする電光看板とは、図 2.2 に示すような表面の素材として主にアクリル板などを使用し、看板本体の中に蛍光灯などの発光体を取り付け、内側から照らす内照式看板のことである。なお、図 2.3 に示すような電光掲示板（車両向けの情報掲示板、駅構内の電車案内、競技場のスコアボード、日中でも目立つように設置された店舗用 LED 看板など）および夜間に目立つように点灯するネオンサインは、研究対象外とした。



(a)屋上看板



(b)壁面看板



(c)袖看板



(d)野立て看板



(e)スタンド看板

図 2.1 看板の設置場所による分類例



(a)白黒電光看板



(b)カラー電光看板

図 2.2 電光看板例



(a)道路情報案内電光掲示板



(b)店舗情報ネオンサイン

図 2.3 電光掲示板およびネオンサイン例 (研究対象外)

## 2.2 看板および電光看板の特徴

本研究では、屋外で撮影された情景画像から精度良く看板領域を抽出するため、日中に取得された画像中の看板の特徴を調査した。なお、対象とした看板数は、1241枚である。その結果、看板候補領域抽出において有効と思われる事項として、以下のような条件が得られた。

- (1) 看板は目立つように作られているため、背景色と文字色のコントラストが高い
- (2) 看板は主に赤・橙・黄・緑・青・紫・白・黒の8色から構成される
- (3) 同一観測対象であっても天候や時間などのデータの取得条件によっては、RGB各濃度値（以下、RGB値と表記する）が大きく変化する

日中に取得された画像中の背景色別看板例を図2.4に示す。なお、看板の構成色の種類は、目視により判別している。

また、夜間に取得された画像中の電光看板（527枚）の特徴を調査した結果、電光看板が発光しているとき、蛍光灯の照度、看板に付着した汚れの程度、看板の劣化によるくすみの程度の違いなどに起因し、看板内の色情報が一定でなく、部分的に変化することが明らかになった。夜間に取得された電光看板例を図2.5に示す。



図2.4 背景色別看板例



(a)背景色：白



(b)背景色：黄



(c)背景色：青



(d)背景色：赤

図 2.5 電光看板例

## 2.3 使用画像データ

### 2.3.1 使用カメラの概要

本研究で使用したデジタルカメラは、Canon 社製「EOS Kiss Digital X」である。デジタルカメラ「EOS Kiss Digital X」の性能仕様を表 2.1 に示す。

表 2.1 デジタルカメラ「EOS Kiss Digital X」の性能仕様<sup>(4)</sup>

名称	EOS Kiss Digital X
撮像素子	高感度・高解像度大型単板 CMOS センサ
総画素数	約 1050 万画素
有効画素数	約 1010 万画素
記録画素数	◎3888×2592 画素 2816×1880 画素 1936×1288 画素
レンズ	EF - S 18 - 55mm F3.5 - 5.6    USM
焦点距離	F=18～55mm (35mm 換算 29～88mm)
絞り範囲	F3.5～5.6
撮影感度	ISO100 ◎ISO200 ISO400 ISO800 ISO1600

◎ 使用時の条件

## 2.3.2 画像データの取得

### 2.3.2.1 日中の画像データの取得

日中の画像データの取得は、晴天時および曇天時の午前 9 時から午後 5 時までの間に、デジタルカメラ（Canon 社製 EOS Kiss Digital X）を用いて行った。また、データを取得した地区は、秋田市内、にかほ市内の主要道路および国道 7 号線（新屋付近～岩城付近）の範囲であり、取得画像数は 1896 枚である。データを取得した地区の略図を図 2.6～図 2.9 にそれぞれ示す。なお、図中に示す赤色の領域が対象地区である。

実使用を考えたとき、デジタルビデオカメラなどから画像を取り込むことが想定される。その映像素子としては 30 万画素程度のものが多く利用されているため、得られた画像を 3888×2592 画素から 640×480 画素に最近隣内挿法<sup>(5)</sup>によってリサイズし検討に用いた。最近隣内挿法は、オリジナル画像の情報を保持するという利点がある。なお、本研究で使用した画像は RGB 各 256 階調のデータである。



図 2.6 日中画像データの取得対象地区 1（秋田市土崎周辺～外旭川周辺）<sup>(6)</sup>

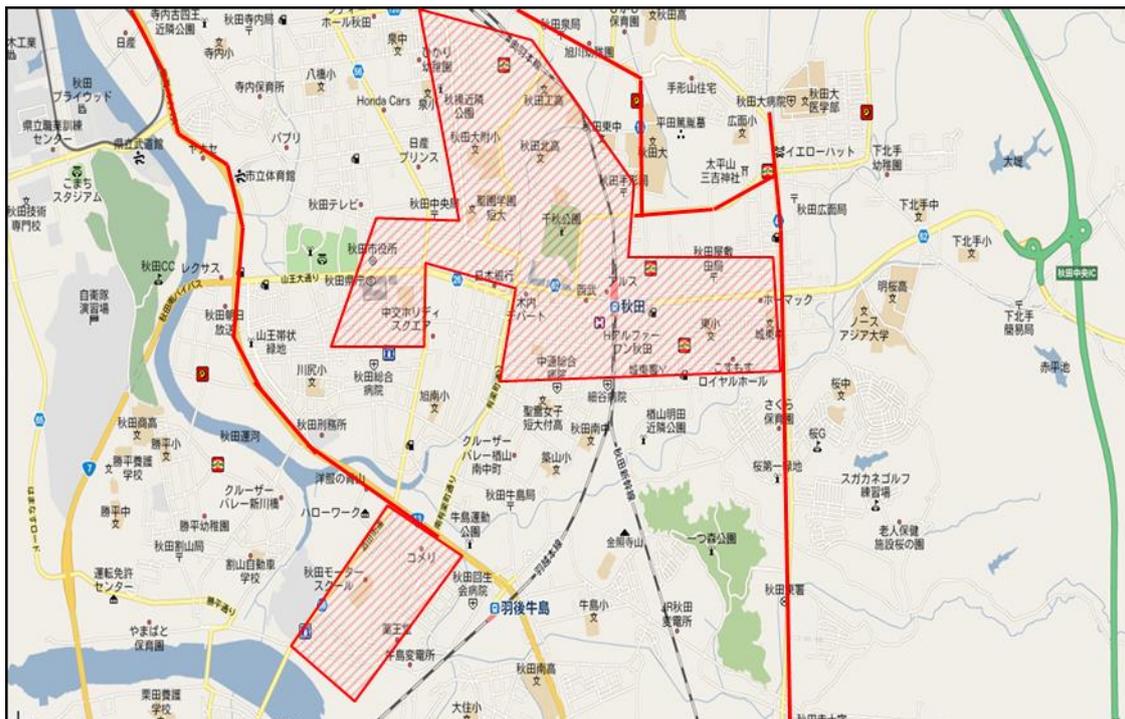


図 2.7 日中画像データの取得対象地区 2 (秋田駅周辺) <sup>(6)</sup>



図 2.8 日中画像データの取得対象地区 3  
(秋田市御野場周辺～御所野周辺) <sup>(6)</sup>

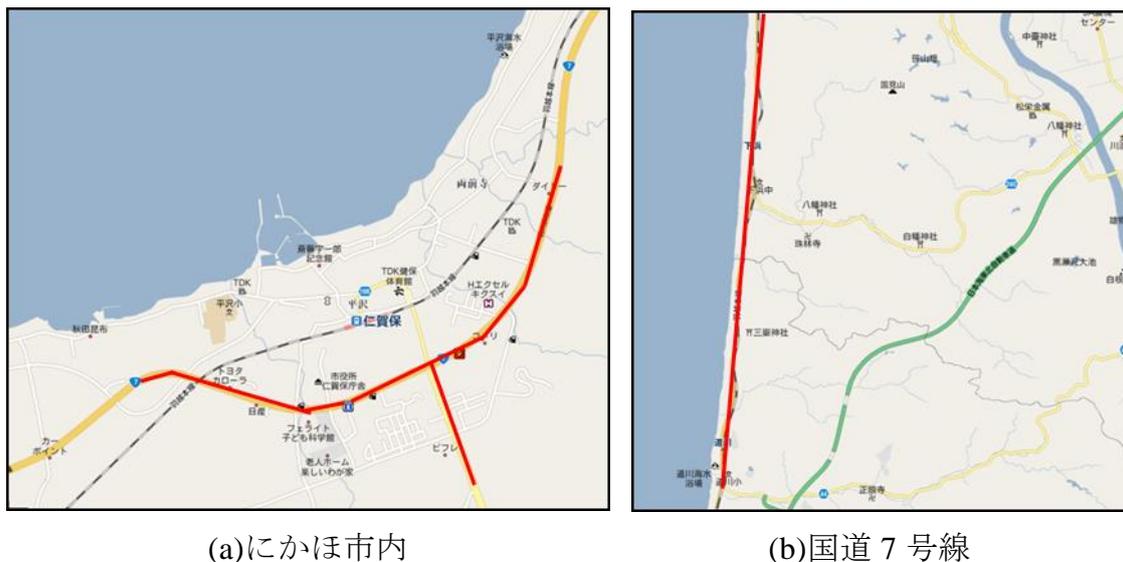


図 2.9 日中画像データの取得対象地区 4 (秋田市新屋付近～にかほ市岩城付近)<sup>(6)</sup>

### 2.3.2.2 夜間の画像データの取得

夜間の画像データの取得は，晴天時および曇天時の午後 5 時から午後 10 時までの間に，デジタルカメラ（Canon 社製 EOS Kiss Digital X）を用いて行った．また，データを取得した地区は，秋田市内および能代市内の主要道路の範囲であり，取得画像数は 360 枚である．データを取得した地区の略図を図 2.10～図 2.12 にそれぞれ示す．なお，図中に示す赤色の領域が対象地区である．

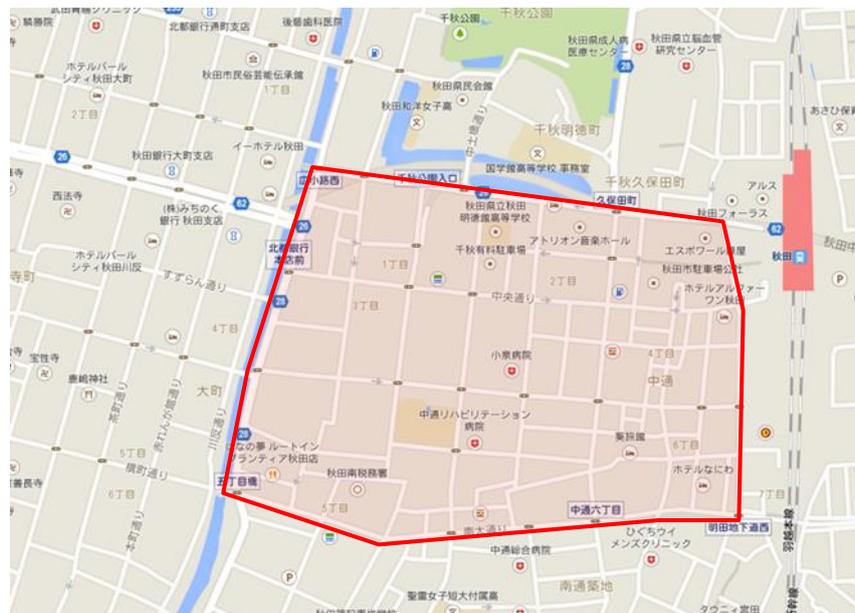


図 2.10 夜間画像データの取得対象地区 1 (秋田駅前周辺)<sup>(6)</sup>

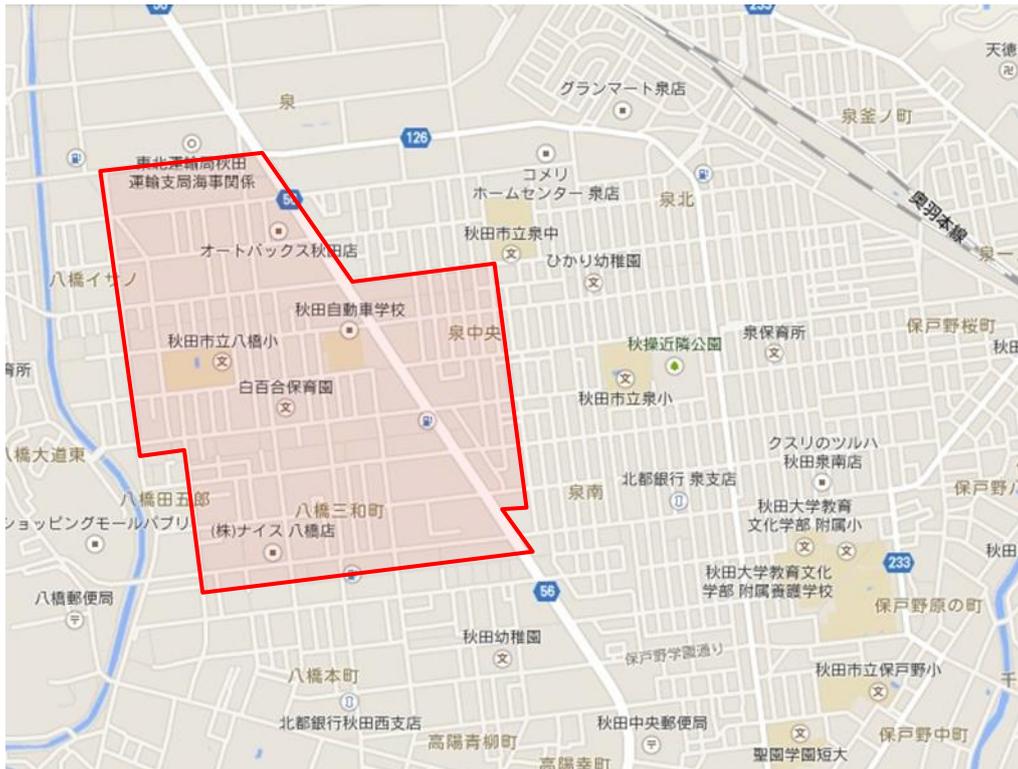


図 2.11 夜間画像データの取得対象地区 2 (秋田市八橋地域周辺) <sup>(6)</sup>



図 2.12 夜間画像データの取得対象地区 3 (能代市内) <sup>(6)</sup>

### 2.3.3 対象看板

看板および電光看板は屋外に設置されており、多種多様な形状が存在するため、正確な物体の抽出は困難である。

そこで本研究では、

- ・ 目視により看板の情報が判別可能であること
- ・ 背景色が単色であること
- ・ 形状が矩形であること
- ・ 電光看板については、夜間に点灯していること

などの条件を満足する看板を対象とした。

日中に取得された看板データに関する検討（第3章）で使用する画像データについては、日中に取得した画像 1896 枚の中から 1161 枚を選定して対象画像とした。なお、画像に含まれるのぼりは、風向や風力などの天候条件により形状が不定になるため、本研究の対象外とした。また、各シーンは上記条件を満足する看板を含んでいるが、1 シーンに複数の看板が含まれる場合も存在するため、対象看板数は合計 1241 枚となる。

夜間に取得された電光看板データに関する検討（第4章）で使用する画像データについては、対象画像は 360 枚であり、対象電光看板数は合計 527 枚である。

看板には背景色が赤・緑・青などの色彩を有している看板と、白・黒といった色彩を持たない看板の2種類に大別される。そこで、背景色が色彩を有している看板をカラー看板、ならびに背景色が色彩を持たない看板を白黒看板としてそれぞれ定義した。なお、カラー看板については対象とする看板の色相値の頻度分布を算出したところ、看板の背景色は3種類に大別される傾向を認めた。そこで、後述する色相範囲による処理（3.2.1.2 参照）において、色相範囲  $a(0 \sim \frac{\pi}{2})$  およ

び  $\frac{5\pi}{3} \sim 2\pi$ )により抽出される看板を赤系看板、色相範囲  $b(\frac{\pi}{3} \sim \frac{7\pi}{6})$ により抽

出される看板を緑系看板、色相範囲  $c(\pi \sim \frac{7\pi}{6})$ により抽出される看板を青系看板と定義し、色相範囲分割処理以外の処理により判別可能な看板を白黒看板とした。対象看板例を図 2.13 に示す。

さらに、夜間に発光する電光看板は、後述する夜間データ判別処理（4.2.1 参照）において、明度値 30 以下の画素数が画像全体の画素数の 25%以上の場合は夜間データとし、25%未満の場合は日中データとして処理する。対象電光看板例を図 2.14 に示す。



(a)赤系看板



(b)緑系看板



(c)青系看板



(d)白黒看板

図 2.13 対象看板例



(a)カラー電光看板



(b)白黒電光看板

図 2.14 対象電光看板例

## 2.3.4 データセットの設定

### 2.3.4.1 日中に取得された画像データ

本研究では、検討用と検証用に使用した看板を区別するため、データセット A, B を設定した。すなわち、データセット A を用いて検討を行い、提案手法の有用性を明らかにするため、データセット B を用いて検証を行った。さらに、横並びの文字列を対象とする比較手法（詳細は 3.3 節で後述する）との比較検討を行うため、データセット B から縦並びの看板を除いたものをデータセット C として定義した。データセット A の内訳を表 2.2 に、データセット B の内訳を表 2.3 に、データセット C の内訳を表 2.4 にそれぞれ示す。

表 2.2 データセット A の内訳 (枚)

対象画像	321
赤系看板	50
緑系看板	22
青系看板	19
白黒看板	262
対象看板合計	353

表 2.3 データセット B の内訳 (枚)

対象画像	840
赤系看板	132
緑系看板	73
青系看板	114
白黒看板	569
対象看板合計	888

表 2.4 データセット C の内訳 (枚)

対象画像	509
赤系看板	108
緑系看板	52
青系看板	86
白黒看板	309
対象看板合計	555

### 2.3.4.2 夜間に取得された画像データ

本研究では、日中データと夜間データの判別処理の検討用として、データセット D1 と D2 を設定した。また、提案手法の検証用として、データセット E を設定した。すなわち、データセット D1（夜間データ）および D2（日中データ）を用いて検討を行い、提案手法の有用性を明らかにするため、データセット E を用いて検証を行った。データセット D1, D2 の内訳を表 2.5 に、データセット E の内訳を表 2.6 にそれぞれ示す。

表 2.5 データセット D1 および D2 の内訳 (枚)

	データセット D1 (夜間データ)	データセット D2 (日中データ)
対象画像	60	60
カラー看板	44	40
白黒看板	18	22
対象看板合計	62	62

表 2.6 データセット E の内訳 (枚)

対象画像	300
カラー看板	258
白黒看板	207
対象看板合計	465

## 2.4 使用特徴量

同一看板を対象とし、晴天時と曇天時に取得した画像データの一部を図 2.15 に示す。看板の背景色（赤色）の同一画素の値を比較すると、RGB 値は大きく変動することがわかる。これに対し、RGB 値より算出される色相・彩度・明度<sup>(5)</sup>において、色相値に大きな変化は認められない。すなわち、色相値は天候や日照条件などの撮影環境の影響を受けにくい特徴を有することが明らかとなった。なお、後述する他のシーン内の異なる色を使用した看板においても同様の結果が得られた。そこで本研究では、色情報の特徴量として色相・彩度・明度に着目した。

さらに、看板の背景色と文字色を構成する色情報の差異を明確にする特徴量として、明度に着目した。しかしながら、構成する色が淡色である看板では明度の差異が小さく、後述する非看板領域棄却処理では看板として抽出されない場合を認めた。そこで、色情報の色差を定量的に評価し、明確にする特徴量として、明度に加えて赤み・青みにも着目した。

一方、看板の形状を判別する特徴量として、領域の形状の複雑さを判別する値である円形度<sup>(7)</sup>を用いた。



(a)晴天時（2008年8月5日午後4時）



(b)曇天時（2008年7月23日午前10時）

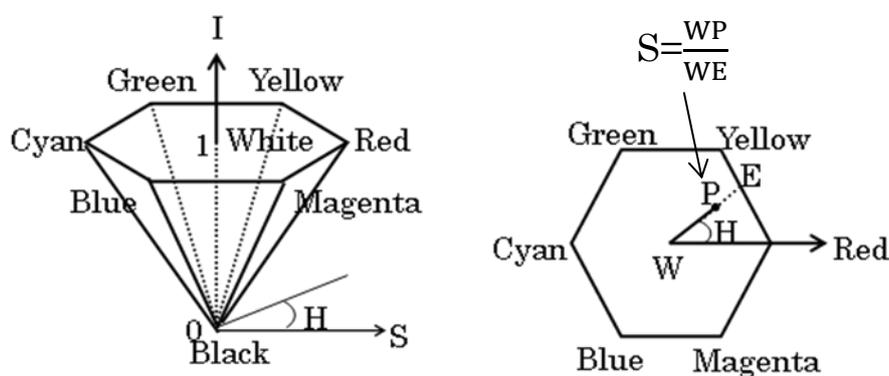
図 2.15 画像データ例

### 2.4.1 色相・彩度・明度の算出

HSI 六角錐カラーモデルの概念<sup>(5)</sup>を図 2.16 に示す. I は明るさを, S は鮮やかさを, H は RGB とその補色 CMY で表した色合いをそれぞれ意味する. S と I の値域は  $[0, 1]$  (0~255) であり, H の値域は R 方向を 0 とした角度  $[0, 2\pi]$  である.  $I=0$  が完全な黒であり, このとき  $S=0$  で H は値を持たない. I が大きくなるのに従い, 明るくなり, I が最大のときの六角形の各辺上の点が最も鮮やかな色として表現される.

図 2.16(b)において, P 点の彩度は  $S = \frac{WP}{WE}$  となる.

HSI 六角錐カラーモデルによる HSI 変換方法<sup>(5)</sup>を(2.1)式に示す.



(a)HSI 六角錐カラーモデル (b)H と S の定義

図 2.16 HSI 六角錐カラーモデルの概念<sup>(5)</sup>

RGB の各輝度値をそれぞれ R, G, B,  
 また, 色相・彩度・明度をそれぞれ H, S, I とすると,

$$I = \max \{R, G, B\}$$

(1)  $I = 0$  のとき

$$S = 0$$

H = 不定

(2)  $I \neq 0$  のとき

$$S = \frac{255(I-i)}{I} \quad \text{ただし, } i = \min\{R, G, B\}$$

$$r = \frac{(I-R)}{(I-i)}, \quad g = \frac{(I-G)}{(I-i)}, \quad b = \frac{(I-B)}{(I-i)}$$

$$H = (b - g) \frac{\pi}{3} \quad (I = R \text{ のとき})$$

$$H = (2 + r - b) \frac{\pi}{3} \quad (I = G \text{ のとき})$$

$$H = (4 + g - r) \frac{\pi}{3} \quad (I = B \text{ のとき})$$

ただし,  $H < 0$  の場合は H に  $2\pi$  を加える

(2.1)

### 2.4.2 赤み・青みの算出

XYZ 表色系により色は普遍的に表示できる。しかしながら、XYZ 表色系での2色の距離と色差知覚の間には大きな相違が存在する。

一方、2色の色差を定量的に評価する方法として均等色空間の一つである  $L^*a^*b^*$  表色系<sup>(8)</sup>がある。具体的には、顕色系であるマンセル表色系<sup>(5)</sup>を均等色空間に写像する。このとき、等色相の線が無彩色を中心に放射上の直線として等間隔に広がること、ならびに等彩度の線が同心円として等間隔に描かれることを目的として提案された座標系である。 $L^*, a^*, b^*$ は(2.2)式～(2.4)式でそれぞれ定義<sup>(8)</sup>される。

$$L^* = \begin{cases} 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{if } \left( \frac{Y}{Y_n} \right) > 0.008856 \\ 903.29 \left( \frac{Y}{Y_n} \right) & \text{if } \left( \frac{Y}{Y_n} \right) \leq 0.008856 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$a^* = 504.3 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (2.3)$$

$$b^* = 201.7 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (2.4)$$

ここで、 $L^*$ は明度指数である。また、 $a^*$ および $b^*$ は色相と彩度に関係する量であり、 $a^*$ は正に大きいほど赤みが強く、負に大きいほど緑みが強いことを、 $b^*$ は正に大きいほど黄みが強く、負に大きいほど青みが強いことをそれぞれ表す。 $X_n, Y_n, Z_n$ は標準の光 C における完全拡散面の三刺激値である。 $X_n, Y_n, Z_n$ の値は次のように表される<sup>(8)</sup>。

$$(X_n, Y_n, Z_n) = (98.072, 100.000, 118.225) \quad (2.5)$$

### 2.4.3 円形度の算出

領域の形状における複雑さを判別する特徴量として円形度<sup>(7)</sup>がある。円形度とは、対象領域の面積・周囲長をもとに、対象領域がどれだけ円に近いかを表す数値である。正円は1.0、正方形では0.785の値をとる<sup>(7)</sup>。また、対象領域の形状が細長くなる程値が小さくなる。そこで、看板の形状を判別する特徴量として、円形度を用いた。円形度の算出式を(2.6)式に示す。

対象看板の円形度を調査した結果、最小円形度は0.2であり、対象領域が0.8以上の値をとるときに、円形に類似した形状になることが明らかとなった。本研究では、対象看板の形状特徴として矩形であることを条件としているため、円形度が0.2以上0.8未満の場合、看板候補領域と仮定して抽出した。

$$\text{円形度} = 4\pi \frac{\text{対象領域の面積}}{(\text{対象領域の周囲長})^2} \quad (2.6)$$

## 第2章 文献

- (1) 電子政府の総合窓口 (e-Gov) Web サイト: <http://law.e-gov.go.jp/>
- (2) 高村：「時代を映す看板」, 里文出版(1997)
- (3) 今津：「私は目立ちたい - 看板・サイン・招碑 - 」, 株式会社エム・ピー・シー(1999)
- (4) 「EOS Kiss Digital X 使用説明書」, 株式会社 Canon
- (5) 高木, 下田：「新編 画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会 (2004)
- (6) 地図の引用 Google Maps Web サイト : <https://www.google.co.jp/maps/>
- (7) 井上, 八木, 林, 中須, 三谷, 奥井：「C 言語で学ぶ実践画像処理」, オーム社 (1999)
- (8) 日本色彩学会編：「新編 色彩科学ハンドブック (第2版)」, 東京大学出版会 (1998)

## 第3章 日中に取得された看板データに関する検討

### 3.1 はじめに

情景画像における看板の文字列抽出を目的とし、濃淡情景画像の空間周波数と輝度コントラストに着目した方法<sup>(1)</sup>や GA(Genetic Algorithm)を適用した方法<sup>(2)</sup>、明度情報を用いた方法<sup>(3)</sup>、明度情報およびカラー情報<sup>(4)</sup>や輝度ヒストグラムの形状<sup>(5)</sup>を用いた方法、クラスタリング<sup>(6)</sup>、可変テンプレート<sup>(7)</sup>、エッジ情報と色特徴を用いた方法<sup>(8)</sup>、NAT (Noise Attribute Thresholding)法<sup>(9)</sup>と色情報およびエッジ情報を用いた方法<sup>(10)</sup>が報告されている。しかしながら、これらの方法は、(1)文字が一行の看板を対象にしている<sup>(2)~(4)</sup>、(2)傾きを有する看板への適用が困難である<sup>(1)~(4)</sup>、(3)対象画像を占める文字領域の割合が高い<sup>(5)(6)</sup>、(4)ユーザによる領域指定が必要となる<sup>(7)</sup>、(5)実用化するには抽出率が低い<sup>(8)</sup>、(6)対象とする文字列の方向が横方向のみ<sup>(10)</sup>である、(7)処理時間の短縮化が必要<sup>(10)</sup>などの制限や課題を有していた。

カラー画像を用いた場合、観測対象の色を構成する輝度値が一様とは限らないことや、同一観測対象であっても天候や時間などのデータ取得条件によっては、異なる色と誤認識されることが起こり得るなどといった屋外特有の課題を有する。しかしながら、屋外取得データの有する諸課題の影響を低減し、色情報を看板認識の特徴量として用いることは有効であると考えられる。

一方、カラー情景画像を対象とした従来研究では、看板内の背景色が無彩色である看板は抽出が困難であること、ならびに濃淡情報画像を対象とした場合では、看板内における背景色と文字色の明度差が低い看板は抽出が困難であることなどの課題を有していた。このため、精度良く看板内の文字列領域を抽出するためには、看板内の背景色が有彩色または無彩色である場合においても、看板内の背景色と文字色の色情報および文字列の特徴を考慮可能なアルゴリズムを開発する必要がある。

そこで本研究では、日中に取得された情景画像の特徴を考慮して看板内文字列抽出処理を自動化し、文字列方向の制限が無く、高い抽出率を有し、かつ高速処理を可能とするアルゴリズムを提案する。また、最新のカーナビゲーションシステム（例えば、パイオニア製サイバーナビ<sup>(11)</sup>など）を利用すると、目的地を設定したとき、目的地付近および目的地に到着するまでのルート上の道路の状況や、道路沿いの標識や店舗などの看板の背景色情報などを事前に把握することができる。また、最新の GPS 機能付きスマートフォンなどの情報端末では、撮影場所の位置情報を付加して記録し他の端末と共有できるため、最新のカーナビゲーションシステムとリアルタイムで連動し、看板の背景色情報を事前に取得することが可能になると考える。すなわち、ナビゲーションシステムの利用はこれまで車両の運転手などに限定されていたものの、情報端末によるナビゲーションシステムは、多くのユーザが同様の色情報を利用することを可能にすると考えられる。そこ

で本研究では、処理速度の向上および抽出精度の向上を目的として、看板の背景色に関する3つの色相範囲の指標が既知であることを前提としている。すなわち、看板特徴を捉えて色相および濃淡範囲を3分割し、色情報と形状情報を用いて看板候補の抽出と非看板候補の棄却を行った。さらに、看板内に提示されている文字列が一つの情報を提示する構成単位と仮定し、エッジ情報を用いた文字列領域の抽出を行った。本研究で提案する看板の文字列抽出アルゴリズムの有用性を検討するため、NAT法<sup>(9)</sup>と色情報を用いた2値画像およびエッジ情報に着目して文字列領域を抽出する手法<sup>(10)</sup>（以下、比較手法と表記する）による結果との比較を行った。

### 3.2 看板内文字列領域抽出法

看板内文字列領域抽出法（以下、提案手法と表記する）の流れを図 3.1 に示す。提案手法は、(1)入力されたカラー情景画像および他システムから入力された看板の背景色情報から看板候補領域を抽出する看板候補領域抽出処理、(2)看板以外の領域を棄却する非看板領域棄却処理、ならびに(3)エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理から構成される。

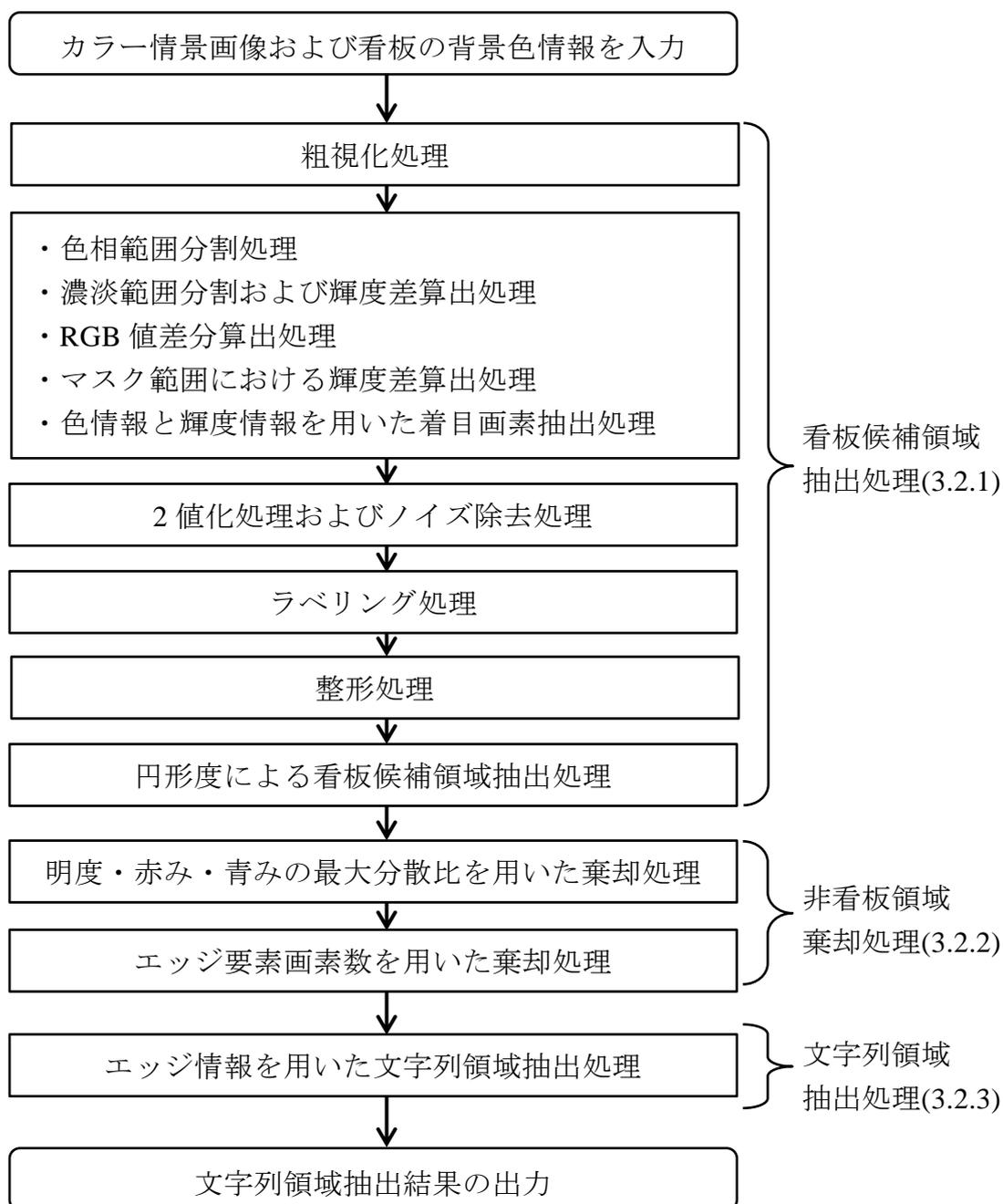


図 3.1 看板内文字列領域抽出法の流れ

### 3.2.1 看板候補領域抽出処理

看板候補領域抽出処理は、以下の8つの処理から構成される。処理の流れを図3.2に示す。また、得られた画像を併用して以後の処理を行った。

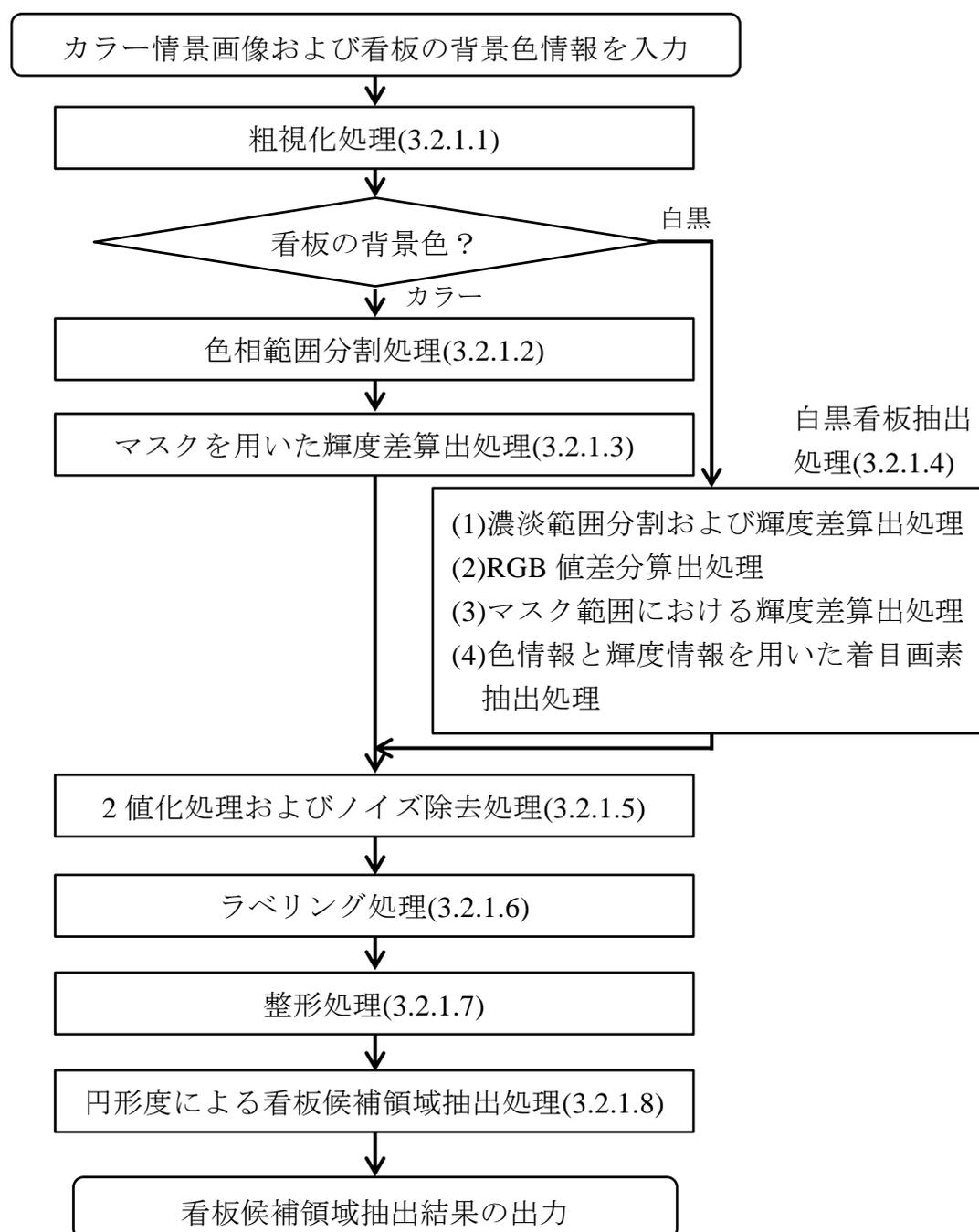


図 3.2 看板候補領域抽出処理の流れ

### 3.2.1.1 粗視化処理

計算量の削減および処理速度の向上を目的として，着目画素と8近傍画素の合計9画素に着目し，9画素の中央値を算出して粗視化した（メディアン法）．この結果，画像サイズは640画素×480画素から213画素×160画素となる．粗視化処理例を図3.3に，粗視化処理の結果例を図3.4にそれぞれ示す．

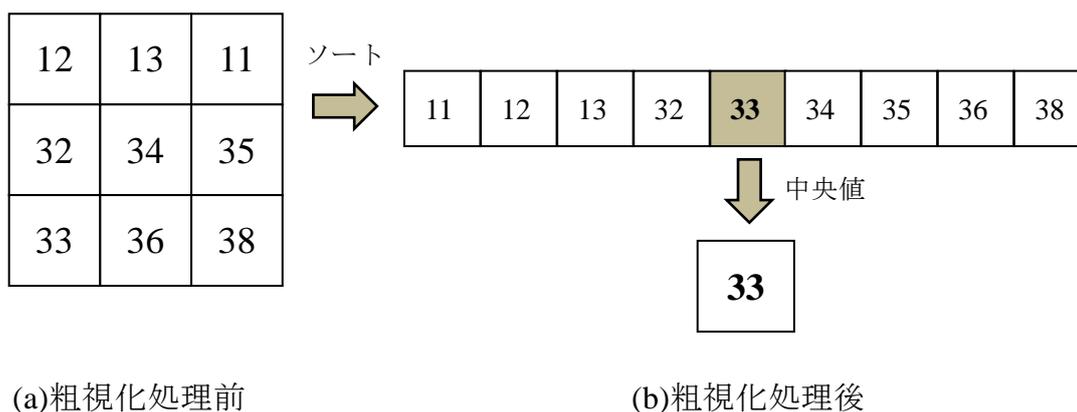


図 3.3 粗視化処理例

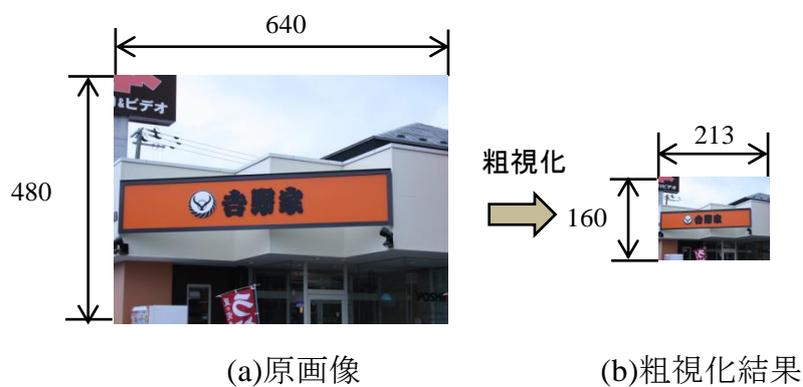


図 3.4 粗視化処理による結果例

### 3.2.1.2 色相範囲分割処理

#### (1) 色相範囲の設定

明度変化に対するロバスト性を高めるため、明度を除く色相  $0 \sim 2\pi$ 、彩度 ( $0 \sim 255$  に線形変換して使用) を特徴量とした。さらに、対象とするカラー情景画像には多種多様な色情報が含まれているため、色情報の処理範囲を分割し、設定した範囲ごとに個別に処理を施すことによってカラー看板の抽出精度の向上が期待できる。カラー看板 50 枚に関する色相値の頻度分布を算出したところ、図 3.5 に示すように、主に 3 つの範囲に分布が集中する傾向を認めた。

そこで本研究では、分布が最も集中している 3 点をそれぞれ中心とし、色相値を①( $0 \sim \frac{\pi}{3}$  および  $\frac{5\pi}{3} \sim 2\pi$ )、②( $\frac{\pi}{3} \sim \pi$ )、③( $\pi \sim \frac{5\pi}{3}$ ) とする 3 つの範囲に分割した (図 3.6(a) 参照)。しかしながら、分割境界において色相値が分断されるため、境界付近の色相を有する看板は抽出されない事例が存在した。このため、境界付近を内包する色相範囲を④( $0 \sim \frac{\pi}{2}$  および  $\frac{11\pi}{6} \sim 2\pi$ )、⑤( $\frac{\pi}{2} \sim \frac{7\pi}{6}$ )、⑥( $\frac{7\pi}{6} \sim \frac{11\pi}{6}$ ) にそれぞれ設定し (図 3.6(b) 参照)、①～⑥の色相範囲を重ね合わせることで色相範囲を a ( $0 \sim \frac{\pi}{2}$  および  $\frac{5\pi}{3} \sim 2\pi$ )、b ( $\frac{\pi}{3} \sim \frac{7\pi}{6}$ )、c ( $\pi \sim \frac{11\pi}{6}$ ) に再設定した (図 3.6(c) 参照)。以後、本研究では分割した各範囲をそれぞれ色相範囲 a、色相範囲 b、色相範囲 c と表記する。

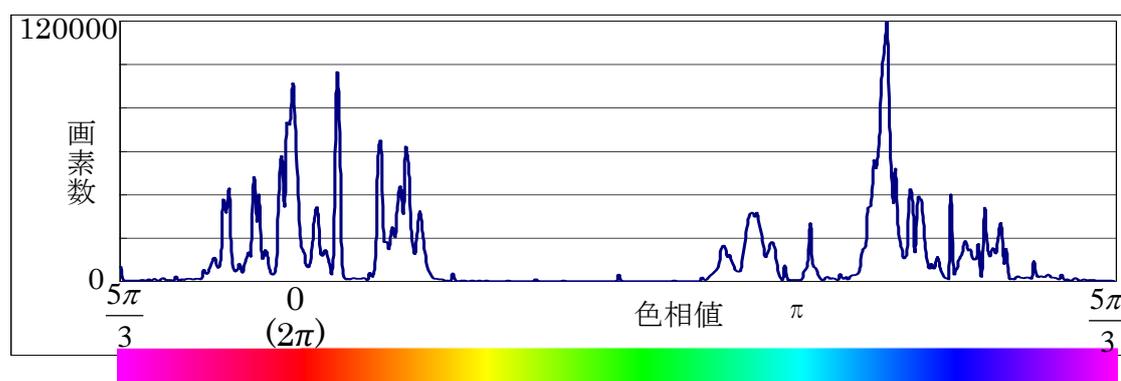
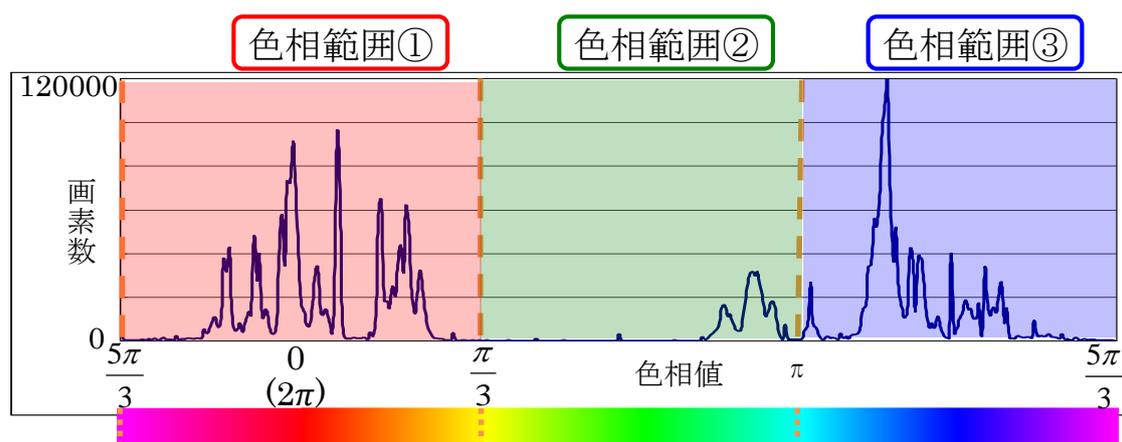
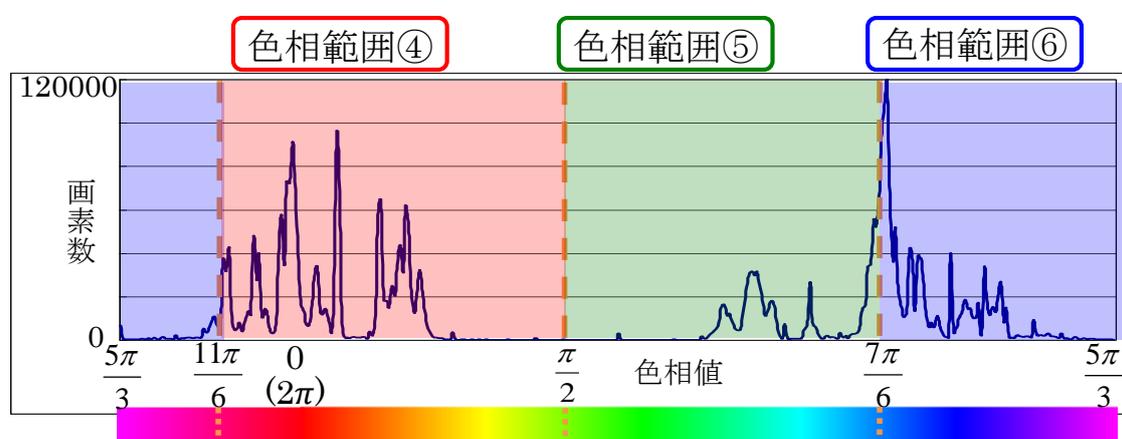


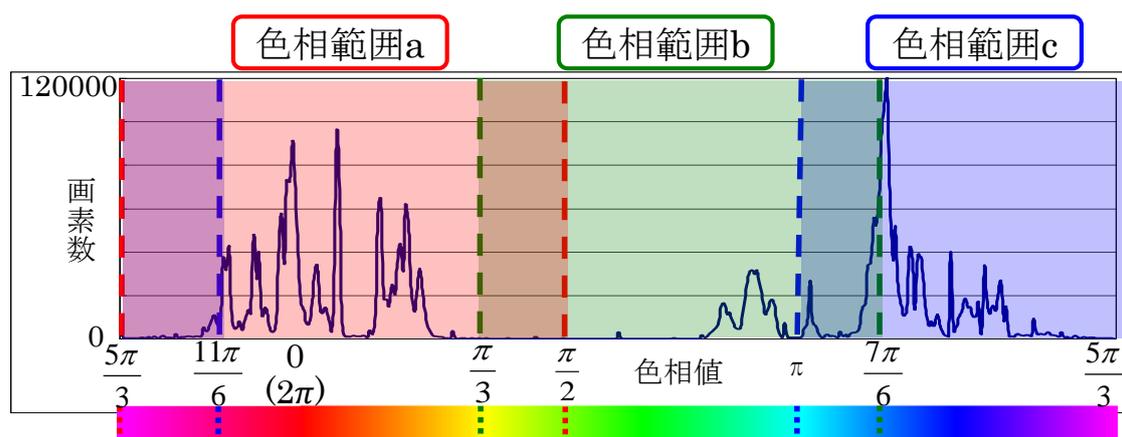
図 3.5 カラー看板 50 枚における色相値の頻度分布例



(a)色相範囲①～③の設定例



(b)色相範囲④～⑥の設定例



(c)色相範囲 a～c の設定

図 3.6 色相範囲の設定

## (2) 色相範囲の選択および彩度値を用いた抽出

現在、カーナビゲーションシステムなどを用いて目的地を設定した場合、目的地の住所や店名といった情報を取得することができる。また、一部のカーナビゲーションシステム<sup>(11)</sup>では、自車位置周辺に存在する店舗や施設のロゴマークなどを地図上にポップアップとして表示可能な場合が存在する。このため、これらのカーナビゲーションシステムに店舗や施設の看板データを登録することによって、看板の使用色に関する情報を事前情報として活用することができる。さらに、看板の使用色に関する情報を看板候補領域抽出時の特徴量として利用することができれば、看板の背景色の色相範囲を特定できるため、看板候補領域の誤抽出低減や処理時間の短縮に寄与できると考える。

そこで、看板の背景色を目視判別して処理に用いる色相範囲の選択を行った。具体的には、赤系看板（背景色が赤または橙に近い場合）であれば色相範囲 a、緑系看板（背景色が緑または黄に近い場合）であれば色相範囲 b、青系看板（背景色が青または紫に近い場合）であれば色相範囲 c に入力画像を分類し、各色相範囲に属する画素の彩度値がそれぞれ a : 80 以上, b : 50 以上, c : 110 以上となる領域を抽出した。なお、彩度値は 0~255 までの範囲を 10 刻みで調査し、最も良好な結果の得られた値をそれぞれ設定している。各色相範囲における抽出結果例を図 3.7 に示す。



(a)赤系看板



(b)色相範囲 a の領域抽出結果



(c)緑系看板



(d)色相範囲 b の領域抽出結果



(e)青系看板



(f)色相範囲 c の領域抽出結果

図 3.7 各色相範囲による処理結果例

### 3.2.1.3 マスクを用いた輝度差算出処理

環境条件によっては汚れなどが付着し、本来の看板の色情報が劣化することがある。また、看板に劣化がある場合、看板領域内の彩度値が低下し色相範囲分割処理のみでは看板候補領域を良好に抽出することが困難な場合を認めた（図 3.8 参照）。一方、彩度値と比較して輝度の差は小さい傾向を認めた。そこで、輝度差、マスクサイズ、ならびに画素数に着目して検討を行った。本研究では、5×5 サイズのマスクを設定し、輝度を用いてカラー画像から看板候補領域の抽出を行った。なお、マスクサイズは 3×3～7×7 の範囲を 1 刻みで、輝度差は 5～50 の範囲を 5 刻みで、ならびにマスク内の画素数は 15～24 の範囲を 1 刻みでそれぞれ調査したところ、マスクサイズ 5×5 の条件下で輝度差 5 未満かつ画素数 22 以上の場合に、色相範囲分割処理で抽出に失敗した看板を抽出可能であった。そこで、上記値を採用して領域を抽出した。マスクを用いた輝度差算出処理による結果例を図 3.9 に示す。



(a)原画像



(b)色相範囲による処理結果

図 3.8 色相範囲の処理における抽出失敗例



図 3.9 マスクを用いた輝度差算出処理による結果例

### 3.2.1.4 白黒看板抽出処理

看板の背景色に白色や黒色を有する看板の抽出を目的として、以下の4つの処理を用いた。

#### (1)濃淡範囲分割・輝度差算出処理

色相範囲分割処理では抽出されなかった看板50枚を対象として、濃淡値(256階調)の頻度分布を算出した。その結果、図3.10に示すように、画素が特定の濃度値に集中する傾向は認められず、広範囲に分布していることがわかる。しかしながら、個々の看板における濃淡分布の範囲を調査したところ、いずれの看板においても濃淡値の範囲は100未満であることが明らかとなった。

そこで本研究では、原画像を256階調の濃淡画像に変換し、濃淡範囲をd(0~100), e(75~175), f(150~255)に分割した。なお、白黒看板は濃淡値のばらつきが大きいため、濃淡範囲(d~f)で重複する部分が存在する。以後、分割した各範囲を濃淡範囲d, 濃淡範囲e, 濃淡範囲fと表記する。

次に、着目画素と4近傍画素(着目画素の上下左右4画素)の輝度値を取得した。輝度差5~50の範囲を5刻みで調査した結果、輝度差20未満の場合に精度良く抽出が可能であった。そこで、着目画素と4近傍画素の輝度差がそれぞれ20以下である場合、濃淡範囲dでは濃淡値が0~100の画素の領域を、濃淡範囲eでは濃淡値が75~175の画素の領域を、濃淡範囲fでは濃淡値が150~255の画素の領域をそれぞれ抽出した。濃淡範囲d・e・fによる領域抽出結果例を図3.11に示す。

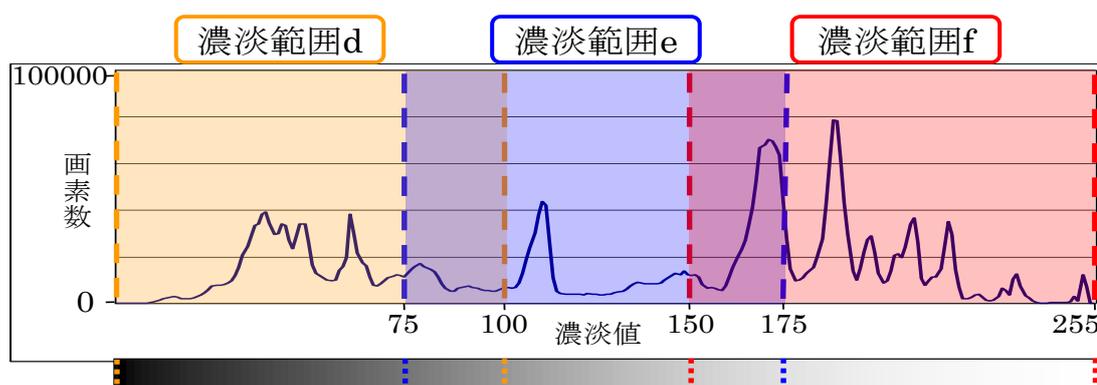


図 3.10 濃淡範囲の設定



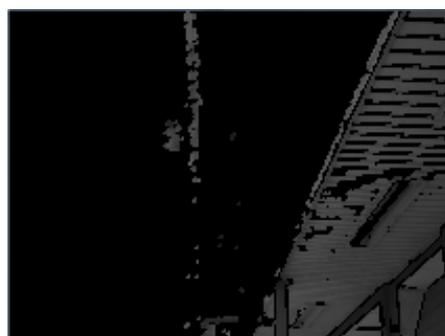
(a)原画像



(b)濃淡範囲 d の領域抽出結果



(c)濃淡範囲 e の領域抽出結果



(d)濃淡範囲 f の領域抽出結果

図 3.11 濃淡範囲 d・e・f における領域抽出結果例

## (2)RGB 値差分算出処理

図 3.12 に示すように、看板の背景色と看板が設置されている構造物の構成色が共に白を基調としている場合、同じ濃淡範囲に属し、輝度値による差も低いことが明らかとなった。

看板と隣接する構造物の色情報を調査したところ、“構造物、構造物と看板の境界部分、看板の背景色”は、それぞれ異なる RGB 値を示すことが明らかとなった（図 3.13 参照）。そこで、看板と構造物を分割し看板のみを良好に抽出するため、着目画素と 4 近傍画素の RGB 値を取得した。なお、RGB 値の差分値 5～50 の範囲を 5 刻みで調査した結果、着目画素と 4 近傍画素の差分値がそれぞれ 10 以下となる領域を抽出した。RGB 値差分算出処理の結果例を図 3.14 に示す。



図 3.12 看板内の背景色と類似した色を有する構造物

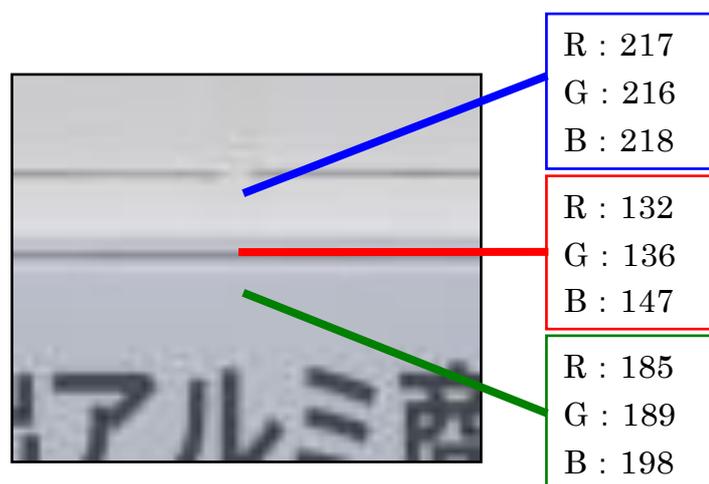


図 3.13 看板内の背景色と構造物における色情報の調査結果



(a)原画像

(b)処理結果

図 3.14 RGB 値差分算出処理による結果例

### (3)マスク範囲における輝度差算出処理

環境条件によって看板に汚れが付着し劣化することがある。また、図 3.15 に示すように、夜間における視認性の向上を目的として作られた電光看板の場合、発光する部分以外の領域の色がくすみ、看板の背景色と異なる色情報を持つことが明らかとなった。このため、色情報を用いて看板を抽出する場合、汚れやくすみなどの影響により看板内の色情報にばらつきが生じ、抽出に失敗する事例を認めた。そこで、看板内の特徴量を調査したところ、看板内に存在する劣化は部分的であること、ならびに電光看板内の色情報は徐々に変化することを認めた(図 3.16 参照)。そこで本研究では、 $3 \times 3$  サイズのマスクを設定し輝度情報を用いて看板を抽出した。なお、マスクのサイズは  $2 \times 2 \sim 7 \times 7$  の範囲を 1 刻みで調査し、最も良好な結果の得られたサイズを設定している。また、輝度差  $5 \sim 50$  の範囲を 5 刻み、ならびにマスク内の画素数  $1 \sim 8$  の範囲を 1 刻みで調査した結果、輝度差 5 未満かつ画素数 6 以上の場合に、色相範囲による処理で抽出に失敗した看板を抽出可能であることが明らかとなった。そこで、着目画素と輝度差が 5 未満である画素がマスク内に 6 画素以上存在する領域を抽出した。マスクを用いた輝度差算出処理による結果例を図 3.17 に示す。



図 3.15 電光看板例

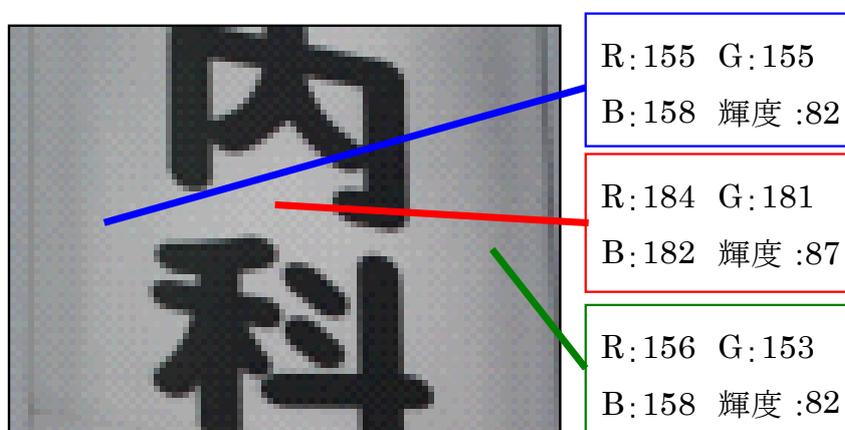
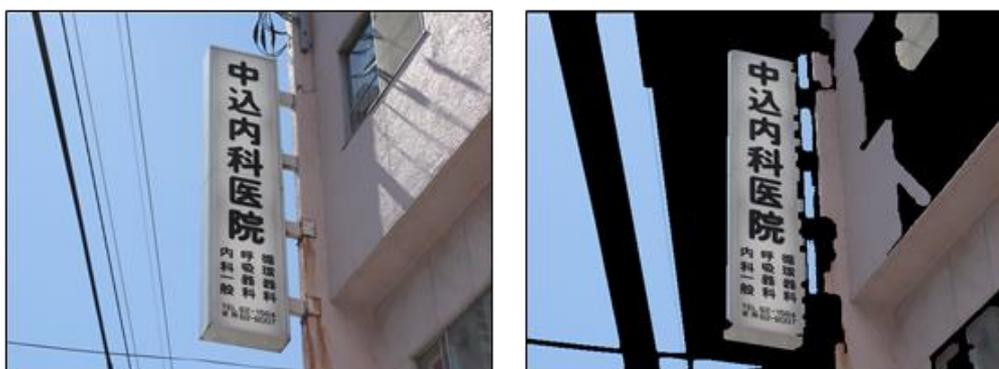


図 3.16 電光看板内における色情報



(a)原画像

(b)処理結果

図 3.17 マスク範囲における輝度差算出処理による結果例

#### (4)色情報と輝度情報を用いた着目画素抽出処理

陰影の影響を受けた看板例を図 3.18 に示す。看板内の背景色部分と陰影部分を比較したところ、RGB 値および輝度値で明確な差が生じていることが明らかとなった。しかしながら、看板内の背景色部分と陰影部分における同一画素の RGB 値に着目した場合、RGB 値の各値は類似していること、ならびに輝度値が高いことといった特徴を有していることが明らかとなった（図 3.19 参照）。

そこで本研究では、色情報と輝度情報を用いた着目画素抽出処理を施した。輝度値 50～90 の範囲、ならびに RGB 値による減算値  $(R-G) \cdot (R-B) \cdot (G-B)$ （以下、RGB 減算値と表記する）5～50 の範囲を 5 刻みで調査した結果、輝度値 75 以上かつ RGB 減算値のいずれかが 15 以下となる領域を抽出した。色情報と輝度情報を用いた着目画素抽出処理における結果例を図 3.20 に示す。



図 3.18 陰影の影響を受けた看板例

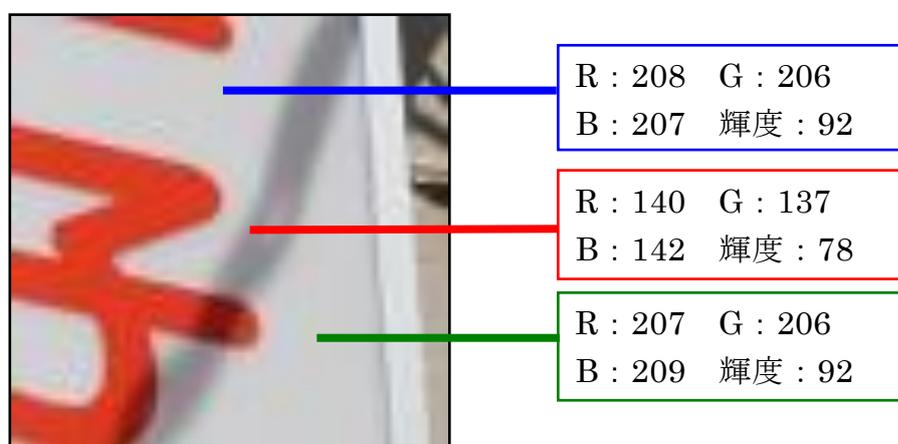


図 3.19 看板の背景色と陰影の情報



(a)原画像



(b)処理結果

図 3.20 色情報と輝度情報を用いた着目画素抽出処理による結果例

### 3.2.1.5 2 値化処理およびノイズ除去処理

色相範囲分割処理 (3.2.1.2) ～白黒看板抽出処理 (3.2.1.4) において、それぞれにより得られた領域の輝度値を 255、それ以外の輝度値を 0 とする 2 値化処理<sup>(12)</sup>を施した。得られた領域には、空や草木などの非看板と判断できる領域が多数存在した。これらの領域は本研究では対象外であり、ノイズと見なすことができる。

そこで、はじめに 3×3 サイズの 2 近傍収縮処理<sup>(12)</sup>を施し、領域がノイズにより連結された部分を除去した。次に、3×3 サイズのメディアンフィルタ<sup>(8)</sup>を施し、領域と離れて存在する孤立点を除去した。最後に、3×3 サイズの 2 近傍膨張処理<sup>(12)</sup>を施し、ノイズではない部分を補間した。

収縮・膨張処理とは、連結している領域を 1 画素分細める、または太める 2 値画像特有の処理であり、この処理により領域の細かな凹凸や溝の検出あるいは除去が可能となる。また、メディアンフィルタとは、近傍画素の中から中央値を着目画素の値とするものであり、エッジなどの画像の重要な情報を損なうことなく、スパイク状に点在したノイズの除去が可能となる。さらに、滑らかなエッジに対して影響を与えず、元の形状を保存する特徴を有する。メディアンフィルタの処理例を図 3.21 に示す。また、収縮・膨張処理は(3.1)式、(3.2)式のように定義できる。処理手順を図 3.22 に示す。

(1) 収縮：

$$g = \begin{cases} 0 & (f \text{ あるいはその } 2 \text{ 近傍のいずれかが } 0 \text{ のとき}) \\ 255 & (\text{その他の場合}) \end{cases} \quad (3.1)$$

(2) 膨張：

$$g = \begin{cases} 255 & (f \text{ あるいはその } 2 \text{ 近傍のいずれかが } 255 \text{ のとき}) \\ 0 & (\text{その他の場合}) \end{cases} \quad (3.2)$$

ここで、 $f$  は入力画像の着目画素であり、 $g$  は出力画像の着目画素である。

また、2 近傍とは着目画素の下方 1 画素と右方向 1 画素による合計 2 画素のことである。一例として、図 3.23 に示す画像に対し、2 値化処理による結果例を図 3.24 に、ノイズ除去処理による結果例を図 3.25 にそれぞれ示す。

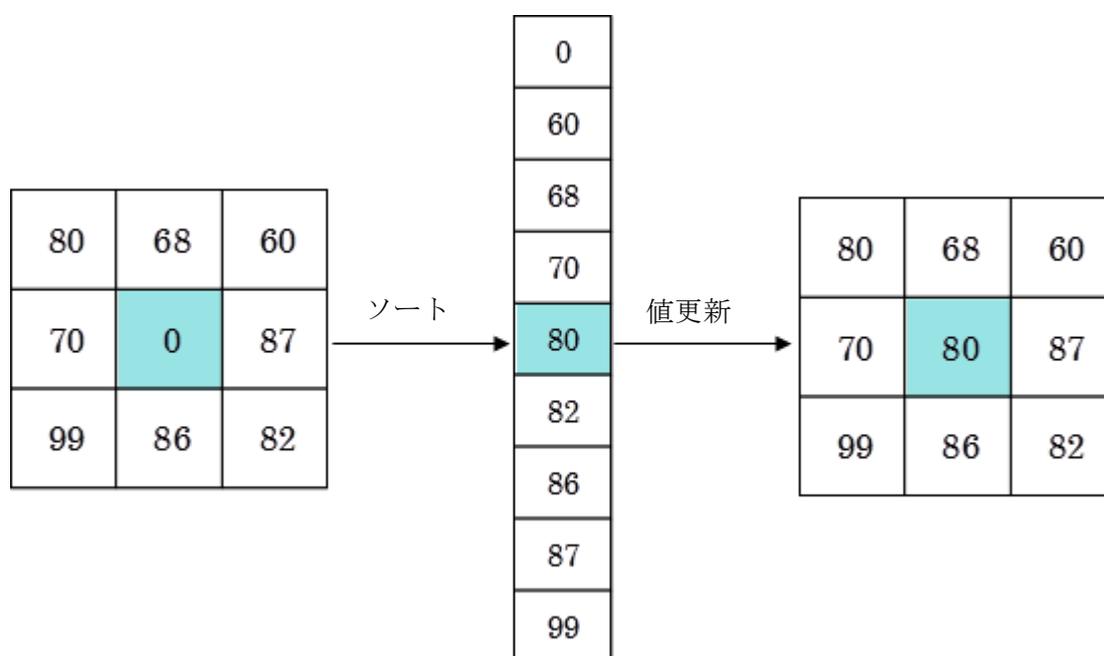


図 3.21 メディアンフィルタ

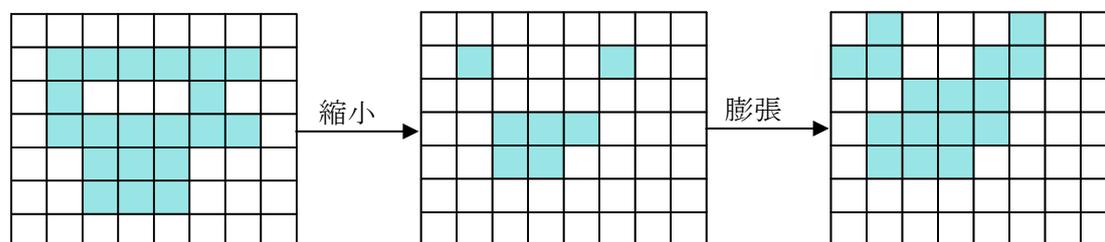


図 3.22 2 近傍収縮・膨張処理



図 3.23 原画像



(a)色相範囲 a

(b)色相範囲 b

(c)色相範囲 c

図 3.24 2 値化处理結果例



(a)色相範囲 a

(b)色相範囲 b

(c)色相範囲 c

図 3.25 ノイズ除去処理結果例

### 3.2.1.6 ラベリング処理

ノイズ除去処理により得られた領域を対象としてラベリング処理<sup>(12)</sup>を施した。ラベリング処理とは、連結している全ての画素(連結成分)に同じラベルを付け、個々の連結成分に分離する手法である。ラベリング処理<sup>(12)</sup>の概要を図3.26に示す。はじめに、得られた領域の輝度値を0、それ以外の輝度値を255とする反転処理を施した(図3.27参照)。次に、反転処理により得られた画像に対しラベリング処理を施した。この処理において、はじめにラベリングされる領域は画像の背景となる。最後に、ラベリングされた領域のうち、画像背景の輝度値を0、それ以外の輝度値を255とする2値化処理を施した。

この結果、領域内に存在した穴部分を除去し、領域の面積を良好に抽出することが可能となる。処理結果を図3.28に示す。

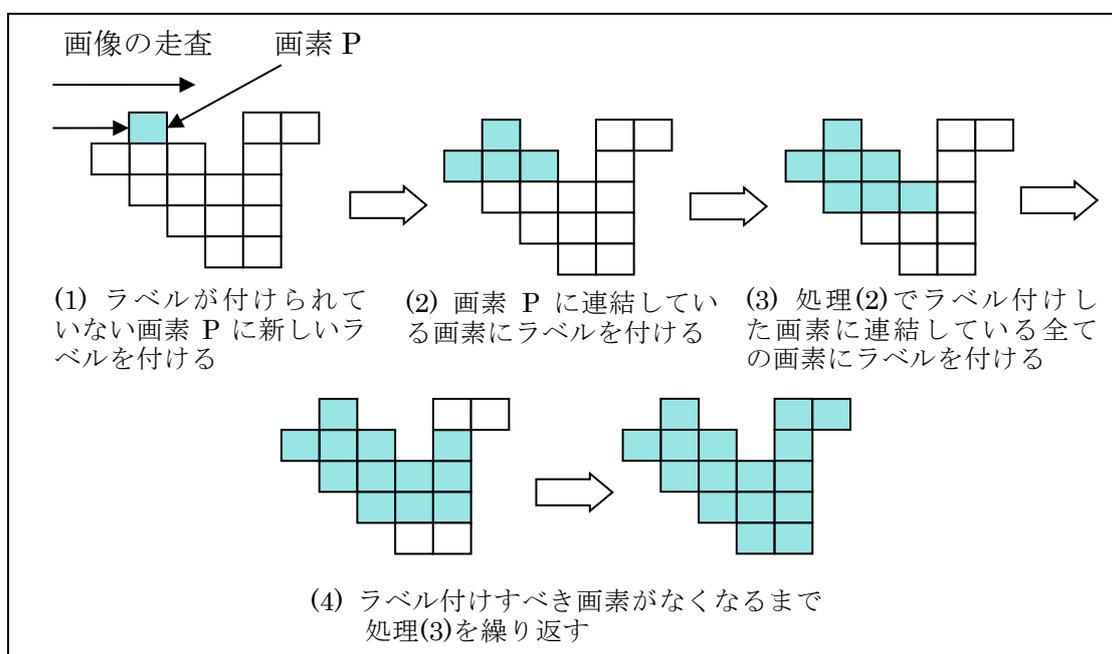


図 3.26 ラベリング処理

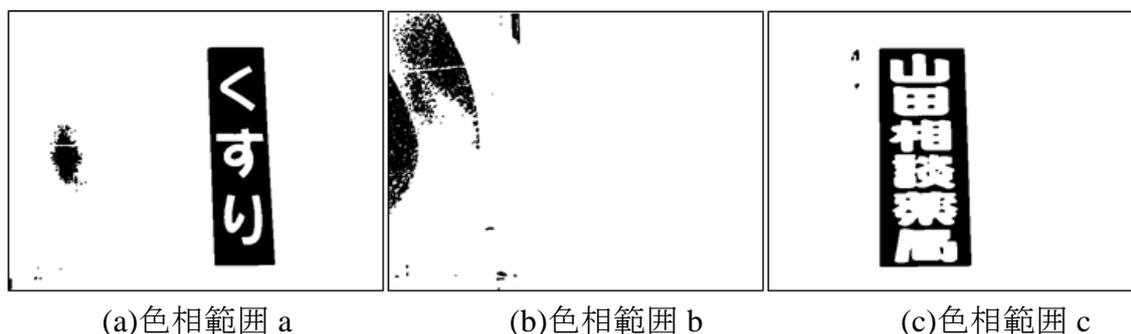


図 3.27 反転処理結果例

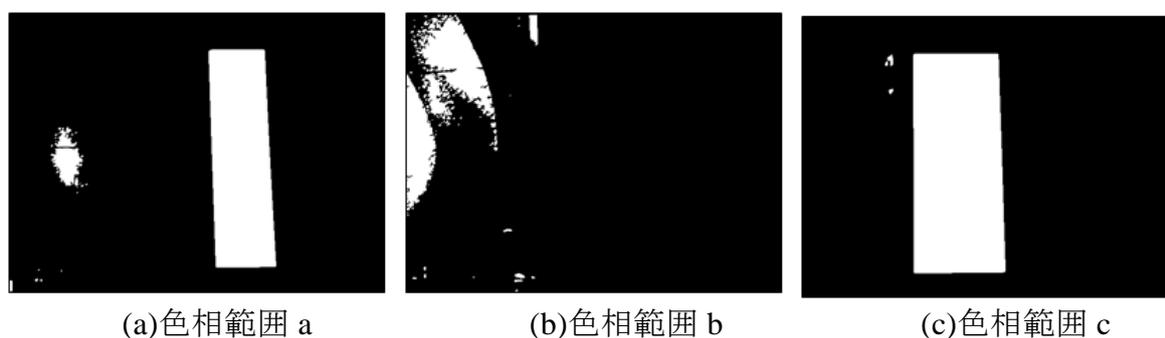
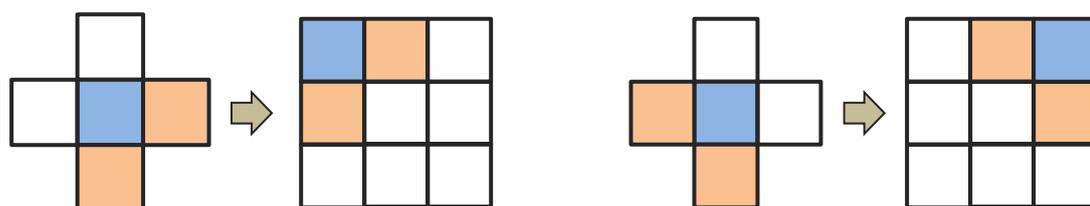


図 3.28 ラベリング処理結果例

### 3.2.1.7 整形処理

ノイズ除去処理およびラベリング処理により細かいノイズや領域内の穴部分は除去されたものの、小さな面積を保持した領域、ならびにノイズが連結した看板以外の領域が多数存在した。これらの領域は、後述する円形度の算出結果によっては看板候補領域として誤抽出する場合がある。そこで本研究では、対象看板は矩形であることに着目し、形状特徴を用いた整形処理を施した。整形処理による処理手順の例を図 3.29 に示す。

はじめに、着目画素が存在する場合、着目画素の周囲 4 近傍画素を取得する。次に、4 近傍画素のうち右方向と下方向の画素が存在する場合、着目画素を左上端にした  $3 \times 3$  サイズのマスクを設定する。同様に、左方向と下方向に画素が存在した場合には、着目画素を右上端にした  $3 \times 3$  サイズのマスク、右方向と上方向に画素が存在した場合は、着目画素を左下端にした  $3 \times 3$  サイズのマスク、左方向と上方向に画素が存在した場合は、着目画素を右下端にした  $3 \times 3$  サイズのマスクをそれぞれ設定する。最後に、各マスク内の画素数を算出し、いずれかのマスク内全てに画素が存在した場合、着目画素を抽出した。なお、マスクのサイズは  $2 \times 2$  ~  $6 \times 6$  サイズの範囲を 1 刻みで調査し、最も良好な結果を得られた  $3 \times 3$  サイズを設定している。整形処理による結果例を図 3.30 に示す。処理の結果、看板以外の領域を除去していることがわかる。



(a) 右と下に画素が存在する場合

(b) 左と下に画素が存在する場合

図 3.29 整形処理による処理手順例



(a)色相範囲 a

(b)色相範囲 b

(c)色相範囲 c

図 3.30 整形処理結果例

### 3.2.1.8 円形度による看板候補領域抽出処理

本研究では形状情報に着目し、ラベリング処理を施した画像の各ラベリング領域において円形度を算出した。算出式を(3.3)式に示す。

$$e = 4\pi s / l^2 \quad (3.3)$$

ここで、 $e$ は円形度、 $s$ はラベリング領域の面積、 $l$ はラベリング領域の周囲長である。また、周囲長はラベリング領域の輪郭線の画素数を算出することにより求められるが、斜め方向は画素数を $\sqrt{2}$ 倍して数えた。なお、ラベリング領域の面積には、その領域内に存在する穴の面積も含めている。

各ラベリング領域における円形度を調査した結果、対象看板の最小円形度は0.2であり、対象領域が0.8以上の値をとるときに、円形に類似した形状になることが明らかとなった。本研究では、対象看板の形状特徴として矩形であることを条件としているため、円形度が0.2以上0.8未満のラベリング領域は図3.31に示す赤枠内の形状となる。

以上の処理により得られた領域の結果を合成し看板候補領域抽出処理の出力結果とした。カラー看板候補領域および白黒看板候補領域の抽出結果例を図3.32に示す。

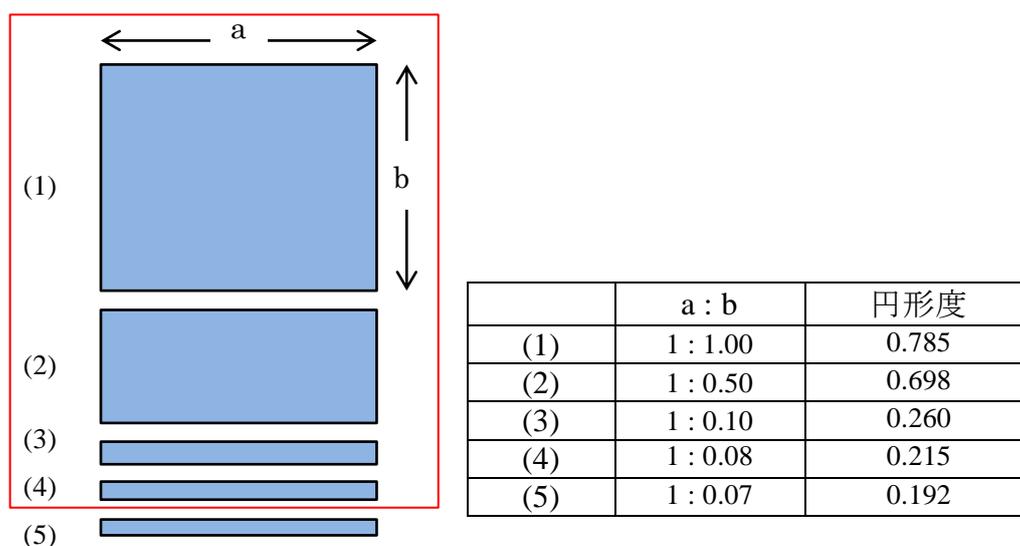


図 3.31 ラベリング領域の円形度の算出例



(a)赤系看板



(b)緑系看板



(c)青系画像



(d)白黒看板

図 3.32 看板候補領域抽出処理結果例

### 3.2.2 非看板領域棄却処理

非看板領域棄却処理の流れを図 3.33 に示す。看板候補領域抽出処理により得られたカラー看板候補領域に対し、判別分析法<sup>(13)</sup>を用いて明度・赤み・青みのクラス内分散とクラス間分散の最大分散比による棄却処理を施した。また、全ての看板候補領域に対し、看板内のエッジ要素画素数を用いた棄却判別処理を施した。

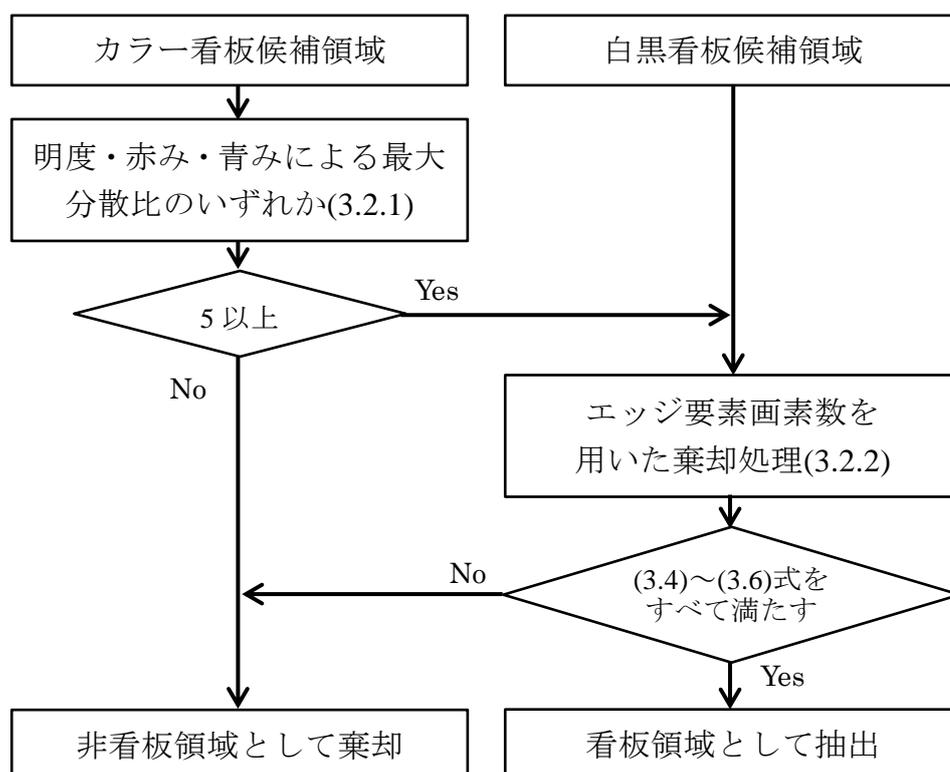


図 3.33 非看板候補領域棄却処理の流れ

### 3.2.2.1 明度・赤み・青みの最大分散比を用いた棄却処理

看板候補領域抽出処理により得られた各看板候補領域に対し、判別分析法<sup>(13)</sup>を用いて明度のクラス内分散およびクラス間分散の最大分散比を求め、非看板領域を棄却した。しかしながら、明度を特徴量とした非看板領域棄却を施した場合、背景色と文字色の類似や、天候および時間帯などの変化による一時的なコントラストの低下などに起因して、看板として抽出すべき領域を誤棄却する事例が存在した。そこで本研究では、色情報の差異を明確とする特徴量として、赤み・青みに着目した。すなわち、明度に加え、赤みと青みの最大分散比を求め、非看板領域の棄却に用いた。なお、判別分析法<sup>(13)</sup>とは、対象領域中の全画素を2つのクラスに分け、クラス間の分離が最大となる閾値を決定する方法である。

#### (1)明度を特徴量とした最大分散比の算出

看板候補領域抽出処理により得られた各看板候補領域に対し、明度の最大分散比を算出した。これは、対象領域のコントラストが高いほど、分散比が大きくなることに着目したものである。この結果、看板領域はコントラストが高く最大分散比も高いこと、ならびに円形度により看板候補領域と判別された草木や建物といった看板以外の領域はコントラストが低く、最大分散比も低いことが明らかとなった。

そこで、明度の最大分散比1～10の範囲を1刻みで調査した結果、分散比5未満の場合に看板以外の領域を精度良く棄却可能であることを認めた。このため、明度の最大分散比が5未満である看板候補領域を非看板領域と仮定して棄却した。

#### (2)赤み・青みを特徴量とした最大分散比の算出

明度による最大分散比を用いて非看板領域棄却処理を施した場合、看板以外の領域を良好に棄却可能であることが明らかとなった。しかしながら、上述したように、一時的なコントラストの低下などに起因してカラー看板として抽出すべき領域も誤棄却する場合を認めた。そこで、色情報の差異を明確にする特徴量として、赤み・青みに着目した。すなわち、明度に加え、赤みと青みの最大分散比を求め、非看板領域の棄却に用いた。なお、明度の最大分散比により誤棄却された看板について調査を行ったところ、赤みまたは青みの最大分散比は高くなる傾向を認めた。

そこで、明度と同様、赤みと青みの最大分散比1～10の範囲をそれぞれ1刻みで調査した結果、いずれも分散比5未満の場合に、看板以外の領域を精度良く棄却可能であることが明らかとなった。本研究では、明度・赤み・青みの各分散比が全て5未満である看板候補領域を非看板領域と仮定し棄却した。

### 3.2.2.2 エッジ要素画素数を用いた棄却処理

カラー看板候補領域および白黒看板候補領域には、看板以外の領域を誤抽出する事例が存在した。そこで、誤抽出を改善するため、看板内には背景色と異なる色を使用した文字が存在することに着目し、エッジ要素となる画素数を用いた非看板領域の棄却を行った。

#### (1)エッジ検出処理による画素数算出

各看板候補領域に対し、看板内の文字列を構成するエッジを良好に抽出するため、RGB 値を用いてエッジ検出処理を施した。エッジ検出処理により得られたエッジ部分は、画素値が急激に変化する領域であるため、看板の背景色と文字色の境界に対応することが期待できる。なお、エッジ検出処理では8方向のソーベルフィルタを用いてエッジを検出し、エッジ要素画素数を算出した。使用したソーベルフィルタを図 3.34 に、ソーベルフィルタによるエッジ抽出結果例を図 3.35 にそれぞれ示す。

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(a)横方向

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(b)縦方向

図 3.34 ソーベルフィルタ



(a)看板候補領域

(b)処理結果

図 3.35 ソーベルフィルタによるエッジ抽出結果例

## (2)画素分布領域の設定

エッジ要素画素数を用いた棄却を想定した場合、看板の存在する領域と看板以外の領域における特徴を明確にする必要がある。すなわち、看板内におけるエッジ要素画素の分布傾向を考慮することで、看板の存在する領域と看板以外の領域を判別可能である。そこで、看板内に存在する文字列の特徴を調査したところ、文字列における中心が看板の中心付近に存在する傾向を認めた。さらに、看板の存在する領域における看板内のエッジ要素画素も同様の傾向を認めた。これに対し、看板以外の領域は、①エッジ要素画素にまとまりがなく点在すること、②エッジ要素画素の中心が領域の中心付近に存在しないこと、ならびに③エッジ要素画素が存在しないことなどの特徴を有することが明らかとなった。このため、看板候補領域を等分に9分割し中心に位置する領域（以下、中心領域と表記する）を設定した。さらに、看板候補領域内全体に存在するエッジ要素画素数（以下、エッジ要素画素数と表記する）、中心領域内に存在するエッジ要素画素数（以下、中心領域画素数と表記する）を算出した。画素分布領域の設定例を図3.36に示す。なお、図3.36における青枠内を看板候補領域、緑枠内を中心領域とした。

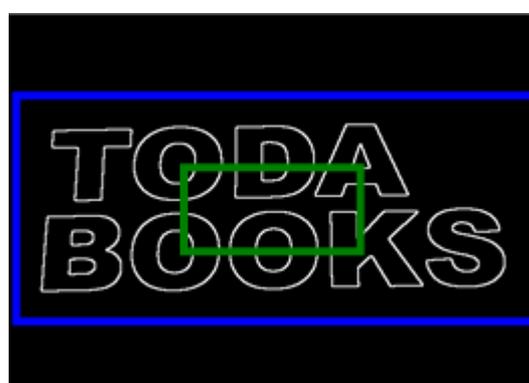
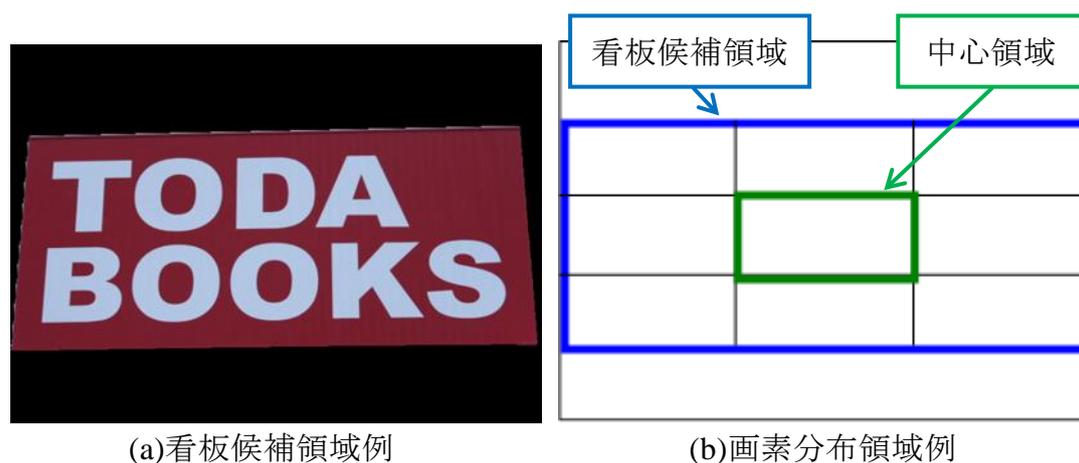


図 3.36 画素分布領域の設定例

### (3)画素分布の特徴を用いた棄却

各画素分布領域の画素数を用いた場合，画素分布領域と各領域画素数および看板候補領域全体の面積における関連性を考慮することで，良好な棄却が可能になると考えた．そこで，画素分布の特徴について検討を行ったところ，①看板候補領域の画素数が270画素以上であり，看板候補領域の面積が500画素以上であること，②中心領域には必ず文字列を構成する画素が存在すること，ならびに③看板領域は非看板領域と異なり，エッジ要素画素数と領域面積の間には比例の関係を有することといった特徴を認めた．なお，①の特徴は，提案手法で使用した対象画像中において，目視により確認可能な看板の看板候補領域の画素数が270画素，最小面積が500画素であったためである．

そこで本研究では，(3.4)式および(3.5)式の条件を満たす場合に(3.6)式を求め，全ての条件を満たした場合，看板候補領域として抽出した．一方，それ以外の領域を棄却した．

$$A_E \geq 270 \quad \text{かつ} \quad A_R \geq 500 \quad (3.4)$$

$$C_E > 0 \quad (3.5)$$

$$\left. \begin{array}{l} A_E > 270 \quad \text{かつ} \quad A_R < 1600 \\ A_E > 450 \quad \text{かつ} \quad 1600 \leq A_R < 3500 \\ A_E > 650 \quad \text{かつ} \quad 3500 \leq A_R < 7000 \\ A_E > 950 \quad \text{かつ} \quad 7000 \leq A_R < 12000 \\ A_E > 1500 \quad \text{かつ} \quad 12000 \leq A_R < 20000 \\ A_E > 2000 \quad \text{かつ} \quad 20000 \leq A_R \end{array} \right\} \quad (3.6)$$

ここで， $C_E$ ：中心領域画素数， $A_E$ ：エッジ要素画素数， $A_R$ ：看板候補領域の面積である．なお，看板以外の領域の誤抽出を改善するため，(3.4)式は，対象画像中に看板領域を目視で確認可能な条件を設定した条件式であり，(3.5)式は，看板領域の中心部分には，必ず文字列が存在する条件を設定した式である．このことにより，コンクリートの塀などの看板以外の領域の誤抽出が低減できる．また，(3.6)式は，看板領域と看板領域内の文字列がほぼ比例の関係を有することに着目したものであり， $A_E$ の範囲は10刻みで， $A_R$ の範囲は100刻みでそれぞれ調査し，良好な結果の得られた値を設定している．

以上の処理により得られた領域の抽出結果を合成し，非看板領域棄却処理の出力結果とした．カラー看板候補領域および白黒看板候補領域の棄却処理結果例を図3.37に示す．



(a)赤系看板



(b)緑系看板



(c)青系看板



(d)白黒看板

図 3.37 非看板領域棄却処理結果例

### 3.2.3 エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理

分散比を用いて看板以外の領域を棄却した看板候補領域を対象とし、明度による判別分析法<sup>(13)</sup>により得られた閾値を用いて各看板候補領域に2値化処理を施した。次に、8方向のソーベルフィルタを用い、看板候補領域内をラスタ走査し、エッジ情報の検出された外接矩形内の領域を文字列領域として抽出した。なお、看板領域と背景領域の境界域で検出されたエッジ情報を有する画素は、文字列領域には含めていない。また、抽出した文字列領域にエッジ情報のない看板候補領域は看板である可能性が低いと仮定して棄却した。

以上の処理により得られた領域の結果を合成し、文字列領域抽出処理の抽出結果とした。カラー看板の文字列領域抽出結果例および白黒看板の文字列領域抽出結果例を図3.38に示す。



図 3.38 看板内文字列領域抽出結果例

### 3.3 比較に用いた手法および評価方法

提案手法の有用性を検討するため、これまでに提案されている文字列領域抽出法との比較を行った。日中に取得された情景画像を対象とした文字列領域抽出に関する研究として、NAT法<sup>(9)</sup>と色情報を用いた2値画像およびエッジ情報に着目して文字列領域を抽出する手法<sup>(10)</sup>（以下、比較手法と表記する）が提案されている。本研究では、提案手法および比較手法をそれぞれ用いて得られた抽出結果の比較を行った。

#### 3.3.1 比較手法の概要

比較手法の流れを図3.39に示す。比較手法は、NAT法<sup>(9)</sup>による2値画像作成処理および色情報を用いた2値画像作成処理から複数の2値画像を作成し、各2値画像に含まれる矩形領域の縦横比、複雑度、矩形領域の画素の存在割合、色差、ならびに輝度差を特徴量として用いることで文字候補領域を抽出する。

次に、面積比、辺比、ならびに重心間の距離を特徴量として文字候補領域の統合を行い、統合された領域を包含する矩形を文字列領域として抽出する。さらに、エッジ情報を用いた文字列領域抽出を用いて、文字同士が接続している領域や面積の小さい文字列領域を抽出する。なお、比較手法のアルゴリズムのうち、NAT法の閾値選択および平均値シフトで用いるパラメータについては、参考文献中に詳細な記述が見当たらなかった。そこで、パラメータ選定に関する検討を行ったところ、NAT法の閾値はヒストグラム上で最初に現れる極小値、平均値シフトのパラメータは空間窓の半径が85.0および色空間窓の半径が35.0の時に最も良好な結果が得られた。このため、本研究ではこれらの値をそれぞれ設定している。なお、提案手法は、看板候補領域内に存在するエッジ情報から文字列領域を抽出するのに対し、比較手法は、文字と考えられる領域を統合することで文字列とする点で異なる。また、比較手法では、データセット1枚につき平均処理時間が62.3秒となっており<sup>(10)</sup>、さらなる処理時間の短縮が課題として残されていた。

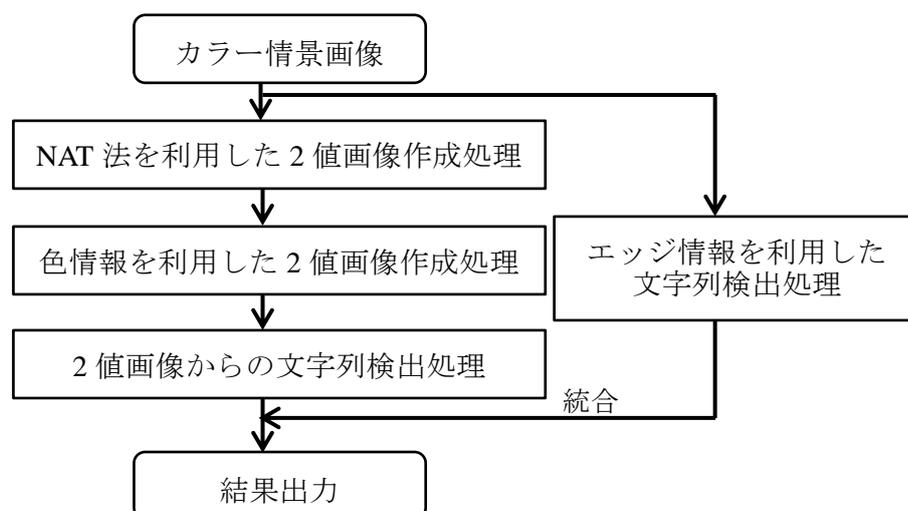


図3.39 比較手法の流れ

### 3.3.2 NAT 法を利用した 2 値画像作成

NAT 法<sup>(9)</sup>は、裏写り文字のある文書画像について有効な手法である。一般的な 2 値化手法である明度値ヒストグラムによる 2 値画像作成が困難な場合においても、ノイズ特性を利用して 2 値化を行うことで、文字とそれ以外の部分を良好に分解できる手法である。

### 3.3.3 色情報を利用した 2 値画像作成

はじめに、画像中の画素の色を空間の近さ（距離）と色空間の近さを考慮した平均値シフト法<sup>(14)</sup>を利用して色変換を行う。画素間の距離を考慮しないまま色変換を実施した場合、文字の色が距離的に離れている背景色と同じ色に変換される場合がある。このため、画像中の各画素  $(x,y)$  において、平均値シフト法<sup>(14)</sup>を繰り返し実行することで、文字を表す各画素の色は距離的に近く、かつ色空間的に近い画素の色に変換できる。次に、色変換後の画像に対し、正規化 RGB 空間<sup>(15)</sup>におけるオブジェクトクラスタリングを利用して、文字と背景が良好に分離できる複数の 2 値画像を作成する。

ここで、平均値シフト法<sup>(14)</sup>とは、 $d$  次元空間内に点群  $\mathbf{x}_i$  が分布しているとき、その密度の極大点(node)を発見する手法である。モデル図を図 3.40 に示す。

計算は最急降下法<sup>(12)</sup>の原理を用いて行う。

- (1) 空間内の任意の点を初期位置とする。
- (2) 徐々に密度（確率密度）の大きな方へ向かって重心を移動させる。
- (3) 極大点（node）に達するまで、処理(1), (2)を行う。

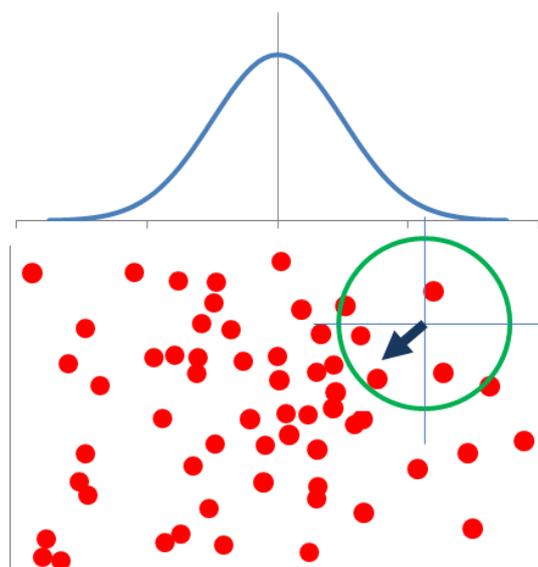


図 3.40 平均値シフト法<sup>(15)</sup>のモデル図

### 3.3.4 評価方法

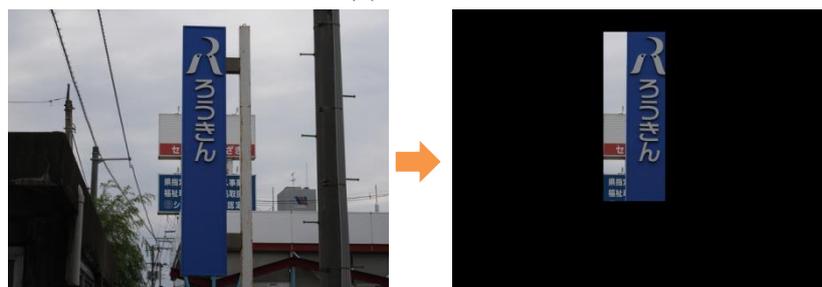
提案手法は、文字列領域の抽出を目的としており、認識処理の前処理に相当する。そこで本研究では、看板内の文字列領域抽出の誤棄却により情景画像から文字情報が欠落することをできるだけ低減させるために、文字列領域以外に誤抽出が存在していても文字列領域を良好に抽出している場合、抽出成功と判断した。すなわち、①文字列を正確に抽出できている場合、②余分な領域を含むが文字列を適切に抽出できている場合を「抽出成功」とした。一方、文字列領域の一部を抽出した場合および抽出できない場合は、「抽出失敗」とした。図 3.41 に成功例と失敗例を示す。

抽出率 (%) は以下の(3.7)式を用いて算出した。

$$\text{抽出率} = \frac{\text{抽出成功数}}{\text{対象看板数}} \times 100 (\%) \quad (3.7)$$



(a) 成功例



(b) 成功例 (文字列以外の領域を含む場合)



(c) 失敗例 (文字列の一部のみ抽出)



(d) 失敗例 (抽出不能)

図 3.41 抽出結果の成功例と失敗例

### 3.4 実験結果および評価

#### 3.4.1 実験条件

対象画像はデータセット B およびデータセット C であり, 本研究で提案した看板内文字列領域抽出法と比較手法を用いて, 抽出率および平均処理時間を求めた. なお, 提案手法の有用性を検討するため, 比較手法としては, オリジナルの比較手法を比較手法 A, 画像の粗視化処理 (3×3) を実施した比較手法を比較手法 B として 2 ケースを設定した. また, 実験には Core i5 (3.33GHz) 搭載のコンピュータを使用した.

#### 3.4.2 提案手法と比較手法の抽出結果の検討

データセット B を対象として, 提案手法と比較手法における各処理を施した結果例を図 3.42~図 3.45 に示す. 提案手法では, 粗視化された画像を用いた場合においても, 情景画像データから看板のみを良好に抽出していることがわかる. これに対し, 比較手法では, 粗視化された画像を用いることで抽出精度が低下することがわかる.

抽出結果を図 3.46 にまとめる. 実験の結果, 提案手法はカラー看板 319 枚中 313 枚(98.1%)の看板を抽出可能であること, ならびに白黒看板 569 枚中 513 枚(90.2%)の看板を看板領域として抽出可能であることが明らかとなった. 一方, 比較手法 A の場合, カラー看板 319 枚中 205 枚(64.3%), 白黒看板 569 枚中 302 枚(53.1%)の看板を, 比較手法 B の場合, カラー看板 319 枚中 91 枚(28.5%), 白黒看板 569 枚中 137 枚(24.1%)の看板を看板領域としてそれぞれ抽出していることがわかる.

また, データセット C (図 3.47 参照) を対象とした場合, 提案手法では, カラー看板 246 枚中 243 枚(98.8%), 白黒看板 309 枚中 286 枚(92.6%)の看板を看板領域として抽出した. 一方, 比較手法 A では, カラー看板 246 枚中 187 枚(76.0%), 白黒看板 309 枚中 235 枚(76.1%)の看板を, 比較手法 B では, カラー看板 246 枚中 85 枚(34.6%), 白黒看板 286 枚中 126 枚(44.1%)の看板を看板領域として抽出した. なお, 提案手法の偽陽性のエラー件数は, データセット B のカラー看板では 30 件(10.2%)であり, データセット C のカラー看板では 21 件(9.5%)である.

以上の結果は, いずれのデータセットを対象とした場合であっても, 提案手法は比較手法と比較して高い抽出精度を有していることを示唆している. 比較手法は横並びの文字列を対象としているため, 文字列が縦並びの看板を含むデータセット B を対象とした場合に抽出率が低下している. また, 比較手法に対して粗視化を施した場合は, 抽出率が大幅に低下しており, 実用的な抽出精度が得られないことが明らかとなった. 一方, 粗視化処理を施している提案手法では文字列が縦並びの場合であっても抽出率に大きな変化は見られなかった. このことは文字列の並ぶ方向にかかわらず, 提案手法は看板内文字列領域を抽出可能であることを示唆している.



図 3.42 カラー看板における抽出結果例（赤系看板）



図 3.43 カラー看板における抽出結果例（緑系看板）



図 3.44 カラー看板における抽出結果例（青系看板）

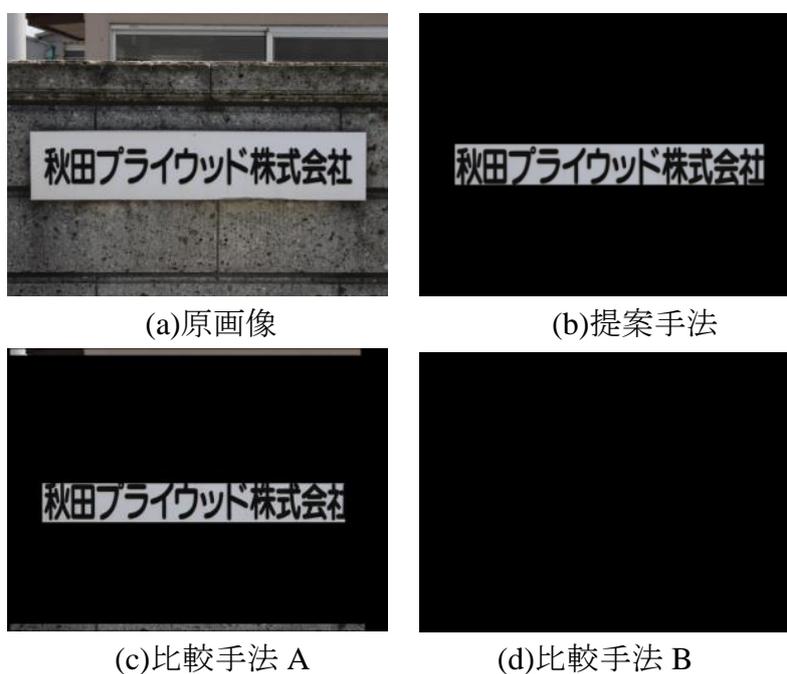


図 3.45 白黒看板における抽出結果例

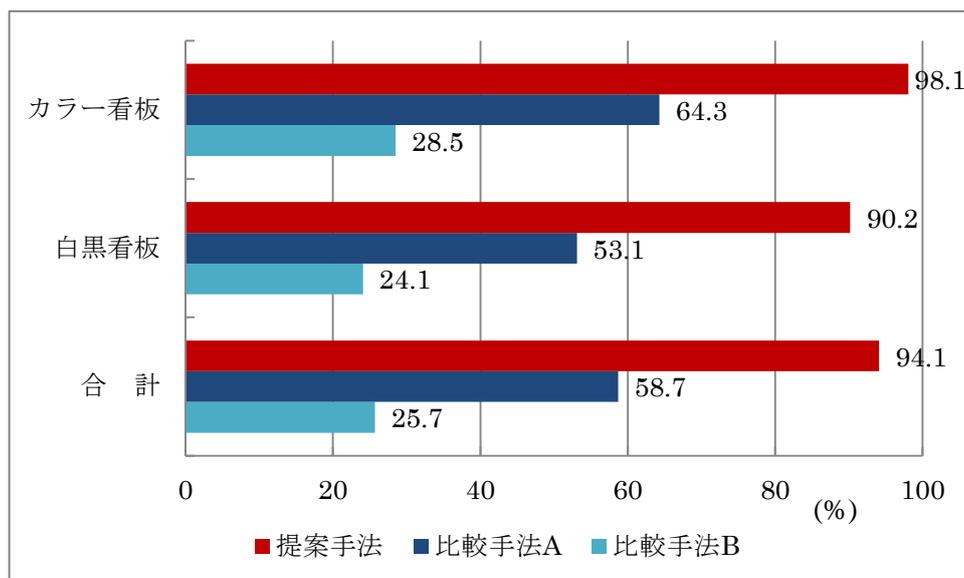


図 3.46 抽出結果のまとめ (データセット B)

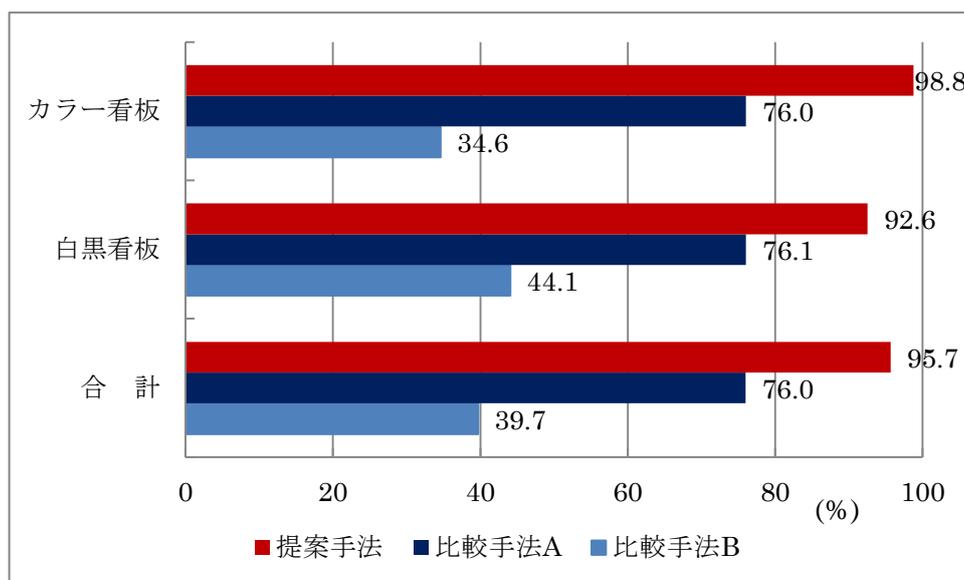
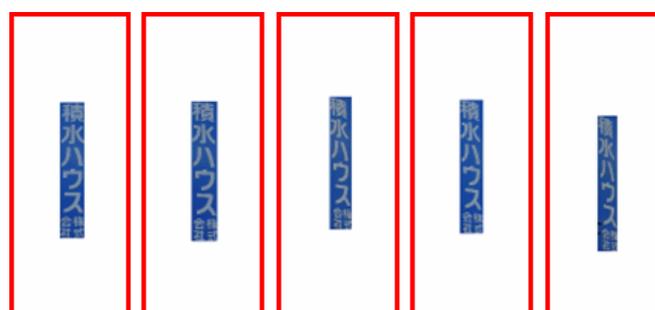


図 3.47 抽出結果のまとめ (データセット C)

提案手法は、対象看板が矩形であることを仮定した処理を提案しているが、実用上は、看板を正面以外から撮影した場合の画像についても検討を行う必要がある。そこで、図 3.48 に示すような同一看板を対象とし、5 方向（正対、15 度、30 度、45 度、60 度）から撮影した画像を用いて実験を行った。その結果、図 3.48(b) に示すように、幾何変換などの補正<sup>(16)</sup>を実施することなく、看板領域の特徴である色相やエッジの頻度情報を考慮することにより、看板の傾きにロバストな処理を行うことができるため、提案手法は看板内文字列領域を適切に抽出可能であることが明らかとなった。なお、他の看板に対しても同様に良好な結果が得られることを確認している。



(a)原画像



(b)抽出結果

図 3.48 傾斜のある看板における抽出結果例

### 3.4.3 提案手法と比較手法の処理時間の検討

平均抽出処理時間の算出結果を表 3.1 に示す。データセット B に対する平均抽出処理時間は、提案手法ではカラー看板で 0.47 秒、白黒看板で 0.95 秒であった。一方、比較手法 A では、カラー看板で 96.68 秒、白黒看板で 101.23 秒であり、比較手法 B では、カラー看板で 13.42 秒、白黒看板で 14.24 秒であった。このことは、粗視化処理が平均抽出処理時間の短縮に有用であることを示唆している。なお、提案手法は背景色に関する情報が既知であることを前提としている。しかしながら、背景色の取得に失敗する場合も考えられるため、色相範囲を選択せず、背景色が有彩色であっても白黒看板抽出処理を施して抽出した場合の処理時間を算出した。その結果、平均抽出処理時間は、1.18 秒であった。この結果は、背景色が既知であるかどうかにかかわらず、提案手法は比較手法と比較して高速に処理可能であることを示唆している。加えて、前節(3.4.2)の抽出結果を考慮すると、提案手法のアルゴリズムが高速化と抽出精度の向上に有効であることを示唆している。

表 3.1 平均抽出処理時間の比較

(秒)

	提案手法	比較手法 A	比較手法 B
カラー看板	0.47	96.68	13.42
白黒看板	0.95	101.23	14.24
合計	0.71	98.96	13.83

### 3.5 まとめ

本研究では、処理速度の向上および抽出精度の向上を目的として、日中に取得された情景画像の特徴を考慮し、また、看板の背景色情報が既知であることを前提とする看板内文字列領域抽出法を提案した。得られた成果の要点を以下にまとめる。

- (1) 色相および濃淡の範囲を分割して範囲ごとに処理を施すことは、看板内の背景色に依存しない看板候補領域の抽出および処理時間の短縮に寄与することを明らかにした。
- (2) RGB 値の差分値を用いることは、看板と看板の背景色と類似した色により構成された構造物の分割に有用であることを明らかにした。
- (3) 画素が有している色情報と輝度情報は、陰影の影響を強く受けた白色看板を抽出するための特徴量として有用であることを明らかにした。
- (4) エッジを構成する要素の画素数と画素分布領域を用いて画素分布の特徴を考慮することは、看板領域の抽出および非看板領域の棄却に有用であることを明らかにした。
- (5) 提案手法は、データセット B の対象看板のカラー看板 319 枚中 313 枚(98.1%)、白黒看板 569 枚中 513 枚(90.2%)の看板を抽出可能であることを明らかにした。
- (6) データセット B の平均抽出処理時間は、提案手法では約 0.71 秒であることを明らかにした。
- (7) 看板内の文字列の方向にかかわらず、提案手法は看板内文字列領域を良好に抽出可能であることを明らかにした。

## 第3章 文献

- (1)劉, 山村, 大西, 杉江:「シーン内の文字列領域の抽出について」, 信学論, Vol.J81-D2, No.4, pp.641-650(1998)
- (2)齊藤:「遺伝的アルゴリズムを用いた濃淡情景画像中の看板文字列抽出」, 電学論 C, Vol.121, No.10, pp.1555-1561(2001)
- (3)松尾, 上田, 梅田:「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」, 信学論, Vol.J80-D2, No.6, pp.1617-1626(1997)
- (4)平山, 大町, 阿曾:「カラー情報と明度情報を利用した情景画像中の文字列高精度抽出」, 信学論, Vol.J89-D, No.4, pp.893-896(2006)
- (5)山口, 丸山:「階層型識別器を用いた情景画像からの文字抽出手法」, 信学論, Vol.J88-D2, No.6, pp.1047-1055(2005)
- (6)傅, 長井, 金子, 樽松:「情景画像からの看板領域および看板文字の自動抽出」, 映情学, Vol.57, No.7, pp.819-828(2003)
- (7)張, 長井, 樽松:「ユーザの簡易指定に基づく情景中の文字抽出と認識」, 情処学論, Vol.46, No.10, pp.2556-2565(2005)
- (8)高橋, 金, 中嶋:「ハンゲルの構造特徴を用いた情景画像からのハンゲル文字列領域抽出」, 信学論 (D-II), Vol.J88-D-II, No.9, pp.1808-1816(2005)
- (9)Hon-Son Don: “A noise attribute thresholding method for document image binarization”, International Journal on Document Analysis and Recognition, Vol.4, pp.131-138 (2001)
- (10)松田, 大町, 阿曾:「2値化とエッジ抽出による情景画像からの文字列高精度検出」, 信学論, Vol.J93-D, No.3, pp.336-344 (2010)
- (11)パイオニア (株) Web サイト: <http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/>
- (12)高木, 下田:「新編 画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会 (2004)
- (13)大津:「判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法」, 信学論 D, Vol.J63-D, No.4, pp.349-356 (1980)
- (14)Dorin Comaniciu, Peter Meer, Senior Member: “Mean shift: A robust approach toward feature space analysis”, IEEE Trans. on PAMI, (2002)
- (15)T. Gevers, A. W. M. Smeulders: “Color-based object recognition”, Pattern Recognition, Vol.32, pp.453-464, (1999)
- (16)P. Clark, M. Mirmehdi: “Recognising text in real scenes”, International Journal on Document Analysis and Recognition, Vol.4, pp.243-257 (2002)

## 第 4 章 夜間に取得された電光看板データに関する検討

### 4.1 はじめに

本研究が目標とする看板認識システムは、昼夜を問わず入力された情景画像中から看板を抽出し、その情報をユーザへ提供するものである。夜間においては、視認性向上を目的とした電光看板が数多く設置されているため、その特徴を理解し、夜間に取得した情景画像データ（以下、夜間データと表記する）における電光看板の抽出についても検討を加える必要がある。

夜間データは、図 4.1 に示すように、日中データと比較し画像全体が暗く、取得可能な情報が限定される。電光看板が発光しているとき、蛍光灯の照度、看板に付着した汚れの程度、看板の劣化によるくすみの程度の違いなどに起因し、看板内の色情報は不定となり、部分的に変化していることがわかる。このため、電光看板内の色情報を用いて、入力画像データが夜間データであるか否かの判別は困難であると考えた。

一方、電光看板は画像の背景に比較し明るい特徴を有するため、画像全体における明度情報を用いて、電光看板内における文字列領域抽出法の検討を行った。

日中に撮影された情景画像における看板の文字列抽出を目的とした従来研究として、濃淡情景画像の空間周波数と輝度コントラストに着目した方法<sup>(1)</sup>、可変テンプレート<sup>(2)</sup>、エッジ情報と色情報の特徴を用いた方法<sup>(3)</sup>、NAT 法<sup>(4)</sup>と色情報およびエッジ情報を用いた方法<sup>(5)</sup>などが報告されている。しかしながら、夜間に取得した情景画像データを対象とした研究は、筆者らが調べた範囲では存在しない。このため、本研究では日中に取得したデータを対象とする“NAT 法<sup>(4)</sup>と色情報を用いた 2 値画像およびエッジ情報に着目して文字列領域を抽出する手法<sup>(5)</sup>（以下、比較手法と表記する）”による結果との比較を行った。



図 4.1 電光看板例

## 4.2 電光看板内文字列領域抽出法

電光看板内文字列領域抽出法（以下，提案手法と表記する）の流れを図 4.2 に示す。提案手法は，(1)入力されたカラー情景画像が夜間データか否かを判別する夜間データ判別処理，(2)入力されたカラー情景画像から電光看板候補領域を抽出する電光看板候補領域抽出処理，(3)電光看板以外の領域を棄却する非看板領域棄却処理，ならびに(4)エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理から構成される。なお，電光看板候補領域抽出処理，非看板領域棄却処理，ならびに文字列領域抽出処理は，前述した処理（3.2.1 処理，3.2.2 処理，3.2.3 処理参照）とほぼ同様であるため，本章では，日中データと異なる処理を実施する夜間データ判別処理（4.2.1），電光看板候補領域抽出処理の一部（4.2.2），非看板領域棄却処理の一部（4.2.3）およびエッジ情報を用いた文字列領域抽出処理（4.2.4）について記述する。

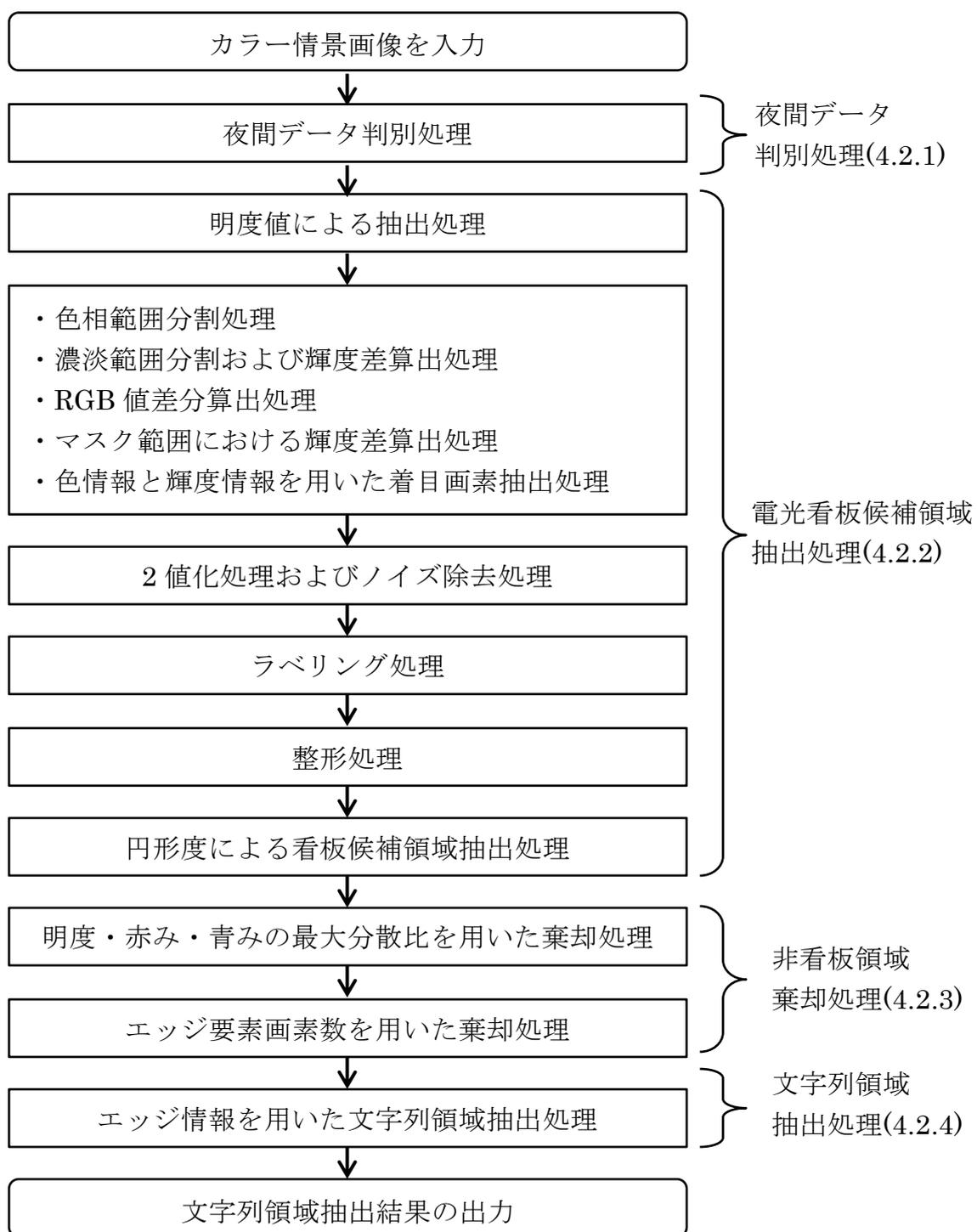


図 4.2 電光看板内文字列領域抽出法の流れ

### 4.2.1 夜間データ判別処理

入力された画像が夜間データまたは日中データであると判別するためには、夜間データの特徴を明確にする必要がある。そこで、同じ看板が存在する画像を使用し、夜間データと日中データの特徴について調査を行った。

夜間データおよび日中データの画像例を図 4.3 に示す。夜間データは日中データと比較し画像全体が暗くなっており、取得可能な情報は限定されていることがわかる。すなわち、電光看板や街灯などの自ら発光する物体のみを取得している。また、電光看板が発光しているとき、看板内の背景色における色情報が一定ではなく、部分的に変化していることがわかる。原因としては、電光看板内に存在する蛍光灯の照度、看板に付着した汚れの程度、ならびに看板の劣化によるくすみの程度の違いなどによる影響が挙げられる。このため、色情報を用いて判別することは困難である。しかしながら、電光看板は画像の背景と比較し明るいことを認めた。すなわち、画像全体における明度情報の利用は、良好な判別を可能にすると考える。

そこで、図 4.3 に示した夜間データおよび日中データにおける画像全体の明度値をヒストグラム化した。得られた結果を図 4.4 に示す。夜間データは日中データと比較し明度値の低い値に画素が分布している。このため、夜間データと日中データを判別する特徴量として明度値が有効であると仮定し、以後の検討を加えた。

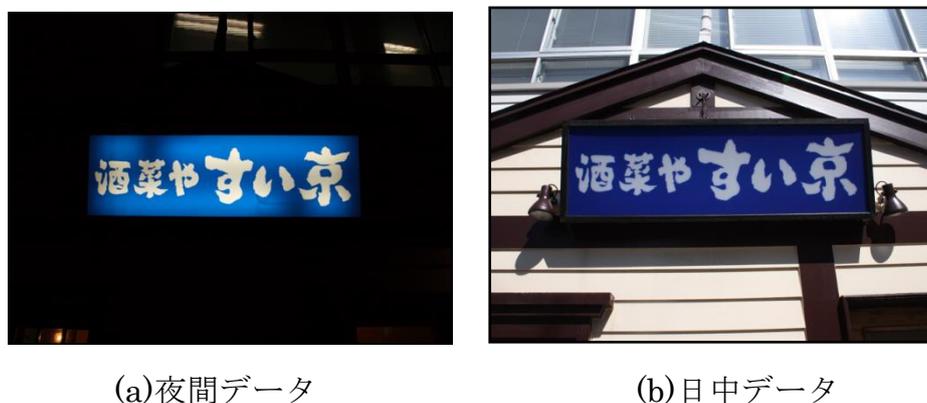
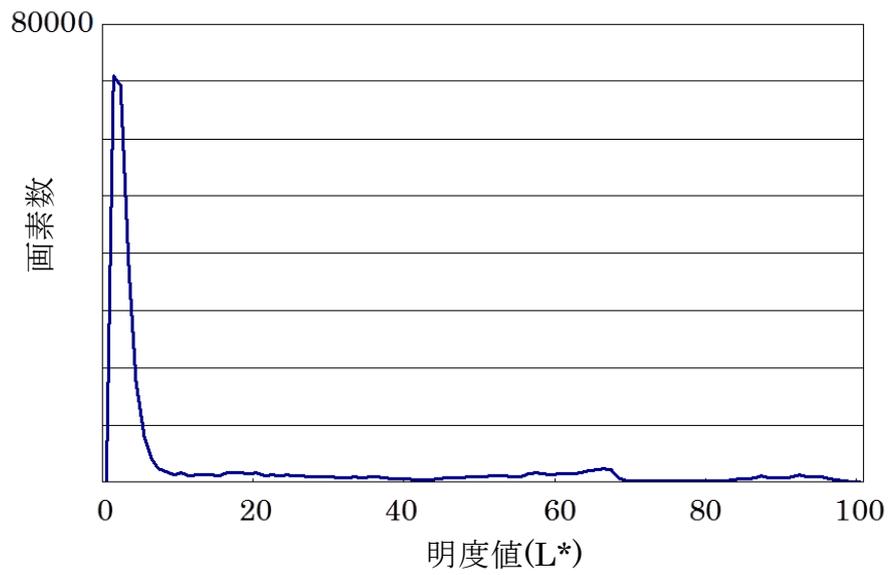
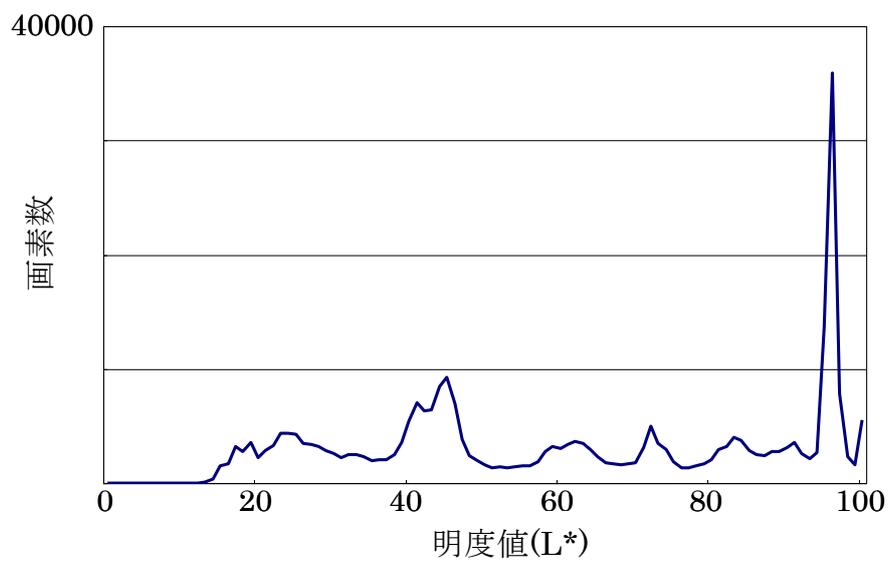


図 4.3 夜間および日中における看板の特徴



(a) 夜間データ



(b) 日中データ

図 4.4 明度値(L\*)のヒストグラム例 (図 4.3 のデータに対応)

次に、夜間データと日中データを判別する特徴量である明度値について詳細に検討した。手法の検討用データセットの夜間データ（データセット D1）および日中データ（データセット D2）の画像の例を図 4.5 に示す。また、それぞれのデータセットの各 60 枚における明度値（ $L^*$ ）の平均値を求め、作成したヒストグラムを図 4.6 に示す。夜間データは、明度値が 30 以下の範囲において、日中データの画素数を超えて分布していることわかる。また、夜間データについて、情景画像（60 枚）の明度値の累積ヒストグラムの分布を検討した結果を図 4.7 に示す。夜間データでは、全体画像の画素数に対する明度値が 30 以下の画素数の割合は、約 25%以上であることが明らかとなった。そこで本研究では、夜間データと日中データの判別するために、(4.1)式を定義した。

$$N_p / I_R \geq 0.25 \quad (4.1)$$

ここで、

$N_p$ : 明度値 30 未満の画素数

$I_R$ : 対象画像の全画素数

である。

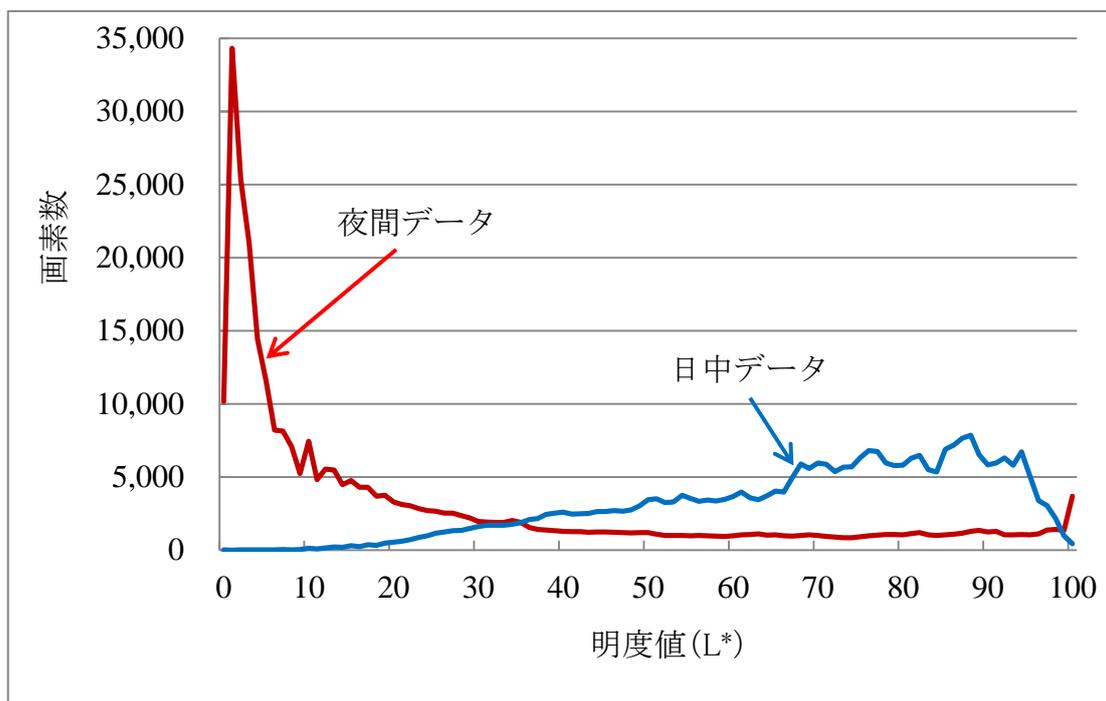
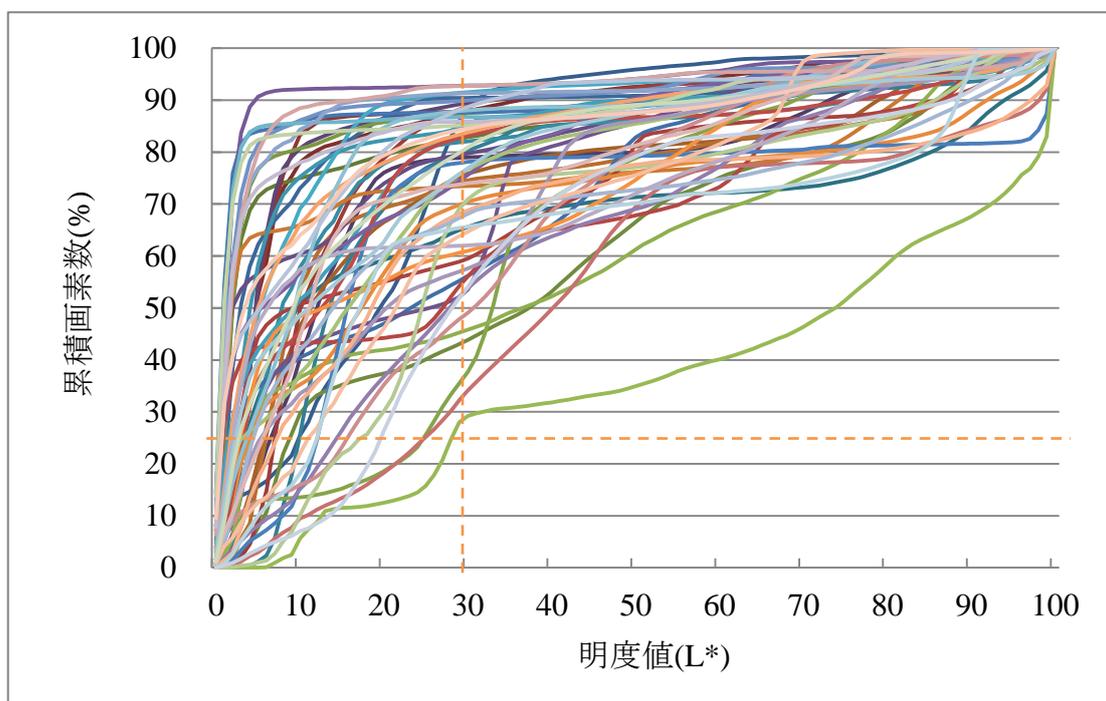


(a)夜間データ（データセット D1）例



(b)日中データ（データセット D2）例

図 4.5 夜間データ判別処理の検討用データセット例

図 4.6 明度値( $L^*$ )の平均ヒストグラム図 4.7 明度値( $L^*$ )の累積ヒストグラム (夜間データ)

## 4.2.2 電光看板候補領域抽出処理

### 4.2.2.1 電光看板候補領域抽出処理の概要

電光看板候補領域抽出処理は、以下の 8 つの処理から構成される。処理の流れを図 4.8 に示す。また、得られた画像を併用して以後の処理を行った。

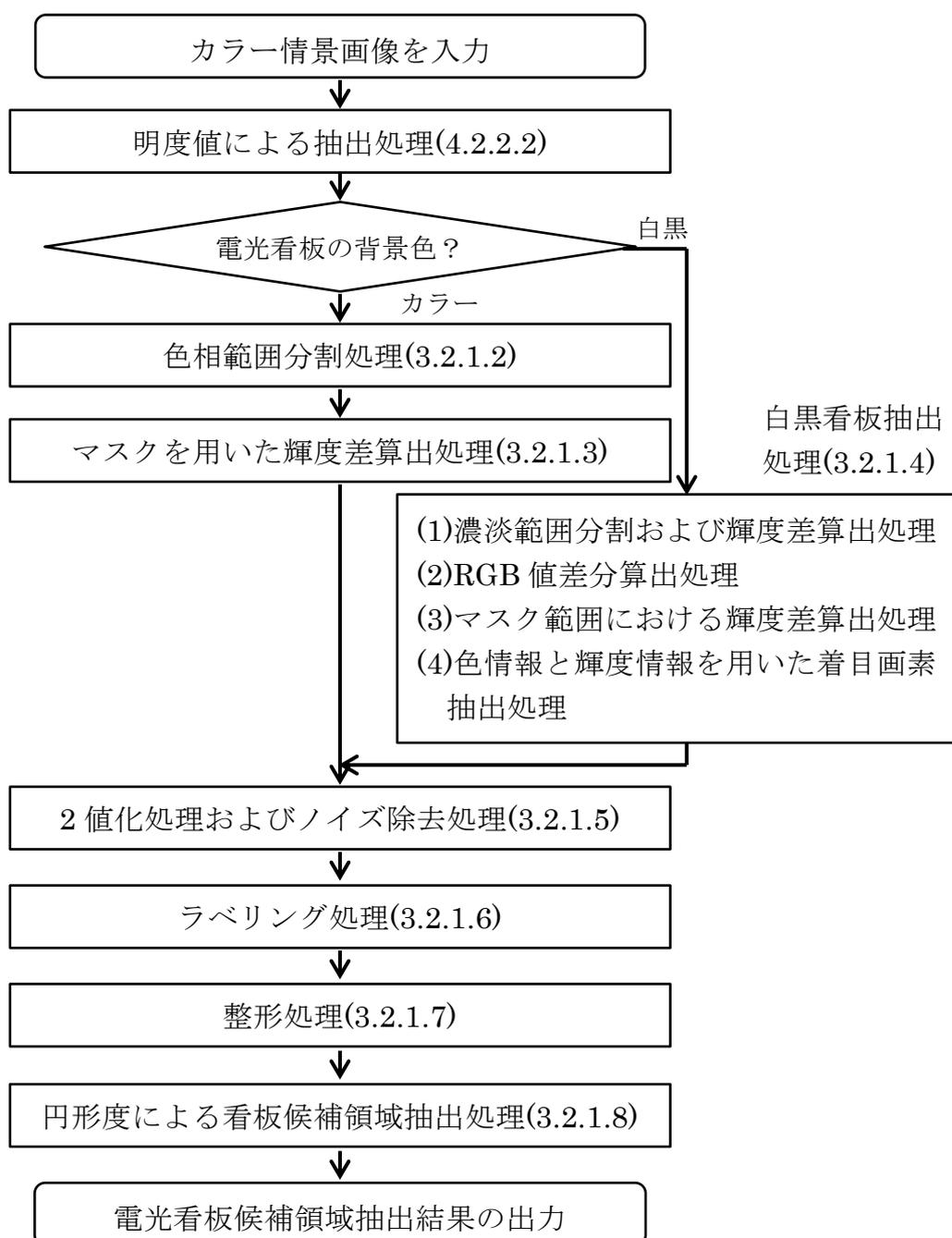


図 4.8 電光看板候補領域抽出の流れ

#### 4.2.2.2 明度値による抽出処理

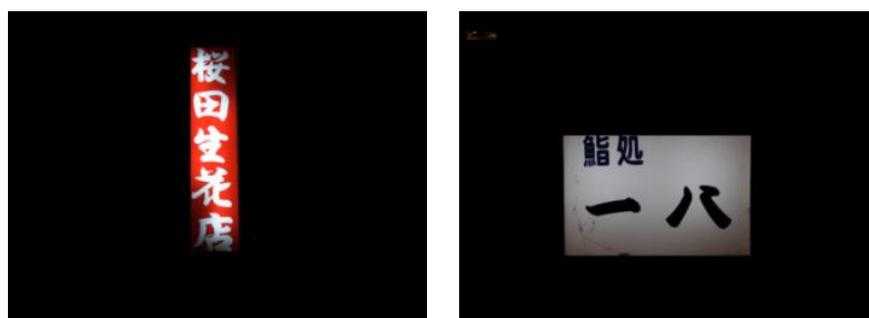
夜間データ判別処理により“夜間データ”として判別された画像を対象とし、明度値が 30 より小さい範囲を棄却した結果、図 4.9 に示すように誤棄却する事例が存在した。そこで、データセット D1 を用いて、棄却する明度値の閾値について、1 から 20 まで 1 刻みで検討した。検討結果例を図 4.10 に示す。その結果、明度値の閾値を 16 未満と設定した場合、抽出率が最も高くなることが明らかとなった。そこで本研究では、閾値を 16 に設定した。



図 4.9 明度値の閾値の検討 1 ( $L^* < 30$  棄却処理)



(a)抽出 ( $L^* < 20$  棄却処理) (b)一部抽出 ( $L^* < 20$  棄却処理)



(c)抽出 ( $L^* < 16$  棄却処理) (d)抽出 ( $L^* < 16$  棄却処理)

図 4.10 明度値の閾値の検討 2

## 4.2.3 非看板領域棄却処理

### 4.2.3.1 非看板領域棄却処理の概要

非看板領域棄却処理の流れを図 4.11 に示す。日中データに対する処理と同様の棄却判別処理を施した。なお、エッジ要素画素数を用いた棄却判別処理において、看板候補領域の面積と各領域のエッジ要素画素数は比例関係を有する。しかしながら、日中データ（213×160）と夜間データ（640×480）では画像のサイズが異なるため、異なる判別式を設定した。

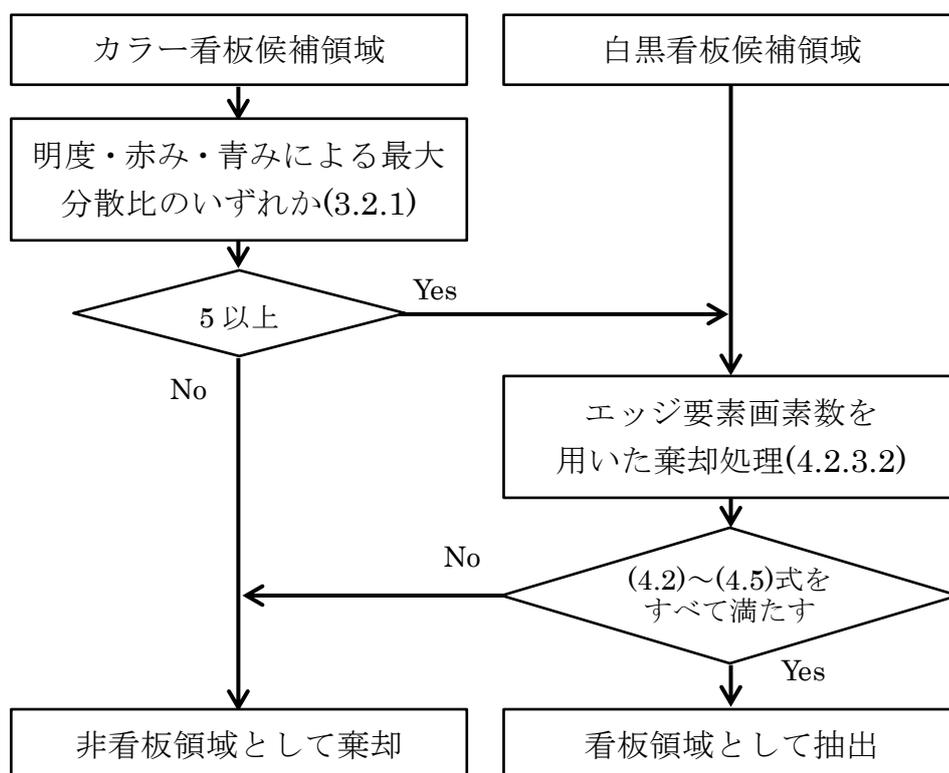


図 4.11 非看板候補領域棄却処理の流れ

#### 4.2.3.2 エッジ要素画素数を用いた棄却処理

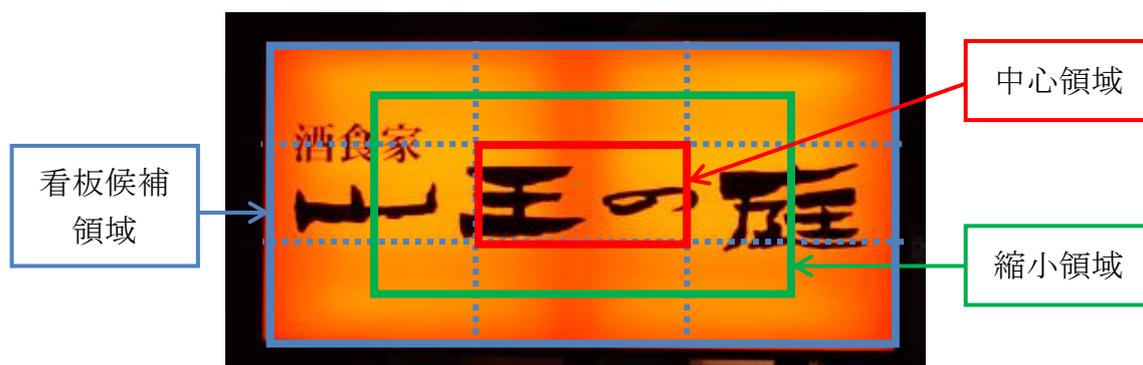
日中データにおけるエッジ要素画素数を用いた棄却判別処理と同様に，電光看板内におけるエッジ要素画素の分布傾向を考慮することで，看板の存在する領域と看板以外の領域を判別可能である．すなわち，看板候補領域を 9 等分し中心に位置する領域（以下，中心領域と表記する）および看板候補領域の縦横比を 3 分の 2 とした領域（以下，縮小領域と表記する）をそれぞれ設定した．さらに，看板候補領域内全体に存在するエッジ要素画素数（以下，看板候補領域画素数と表記する），中心領域内に存在するエッジ要素画素数（以下，中心領域画素数と表記する），ならびに縮小領域内に存在するエッジ要素画素数（以下，縮小領域画素数と表記する）を算出した．画素分布領域の設定例を図 4.12 に示す．なお，図 4.12 における青枠内を看板候補領域，緑枠内を縮小領域，ならびに赤枠内を中心領域としている．

夜間データの画素分布の特徴について検討を行ったところ，①看板候補領域画素数が 200 画素以上であり，看板候補領域の面積が 2000 画素以上であること，②中心領域には必ず文字列を構成する画素が存在すること，③看板領域は非看板領域と異なり，看板候補領域画素数と領域面積の間には比例の関係を有すること，ならびに④縮小領域画素数は，看板候補領域画素数の 2 分の 1 以上を有していることといった特徴を認めた．なお，①の特徴は，本研究で使用した対象画像中において，目視により確認可能な看板の看板候補領域画素数が 200 画素，最小面積が 2000 画素であったために設定したものである．

そこで本研究では，(4.2)式および(4.3)式の条件を満たすとき，(4.4)式および(4.5)式を求め，全ての条件を満たした看板候補領域を看板領域として抽出した．一方，それ以外の領域を棄却した．



(a)原画像例



(b)画素分布領域適用例

図 4.12 画素分布領域の設定例

$$A_E > 200 \quad \text{かつ} \quad A_R \geq 2000 \quad (4.2)$$

$$C_E > 0 \quad (4.3)$$

$$\left. \begin{array}{l} A_E > 200 \quad \text{かつ} \quad A_R < 10000 \\ A_E > 500 \quad \text{かつ} \quad 10000 \leq A_R < 35000 \\ A_E > 1000 \quad \text{かつ} \quad 35000 \leq A_R < 45000 \end{array} \right\} (4.4)$$

$$A_E > 2500 \quad \text{かつ} \quad 45000 \leq A_R \quad (4.5)$$

$$R_E / A_E \geq 0.5 \quad (4.5)$$

ここで、

$C_E$  : 中心領域のエッジ要素画素数

$A_E$  : 看板候補領域のエッジ要素画素数

$A_R$  : 看板候補領域の面積

$R_E$  : 縮小領域のエッジ要素画素数

である。

#### 4.2.4 エッジ情報を用いた文字列領域抽出処理

日中データに関する処理と同様であり，分散比を用いて看板以外の領域を棄却した看板候補領域を対象とし，明度による判別分析法<sup>⑥</sup>により得られた閾値を用いて各看板候補領域に2値化処理を施した．次に，8方向のソーベルフィルタ<sup>⑦</sup>を用い，看板候補領域内をラスタ走査し，エッジ情報の検出された外接矩形内の領域を文字列領域として抽出した．なお，看板領域と背景領域の境界域で検出されたエッジ情報を有する画素は，文字列領域には含めていない．また，抽出した文字列領域にエッジ情報のない看板候補領域は看板である可能性が低いと仮定して棄却した．

以上の処理により得られた領域の結果を合成し，文字列領域抽出処理の抽出結果とした．

### 4.3 比較に用いた手法および評価手法

#### 4.3.1 比較手法の概要

夜間に取得した情景画像データを対象とした研究は、筆者らが調べた範囲では存在しない。そこで、第3章で述べた日中データを対象とする検討と同様、日中に取得したデータを対象とする NAT 法<sup>(4)</sup>と色情報を用いた 2 値画像およびエッジ情報に着目して文字列領域を抽出する手法<sup>(5)</sup>（以下、比較手法と表記する）による結果との比較を行った。

#### 4.3.2 評価方法

第3章の日中データの場合と同様に、提案手法は、文字列領域の抽出を目的としており、認識処理の前処理に相当する。そこで本研究では、看板内の文字列領域抽出の誤棄却により情景画像から文字情報が欠落することをできるだけ低減させるために、文字列領域以外に誤抽出が存在していても文字列領域を良好に抽出している場合、抽出成功と判断した。すなわち、文字列を正確に抽出できている場合を「Perfect」、余計な領域を含むが文字列を抽出できている場合を「Include」、文字列領域の一部を抽出した場合を「Part」、それ以外を「Miss」として分類し4種類の評価を行った。抽出結果の分類基準を図4.13に示す。

なお、抽出率（%）は(4.6)式を用いて算出した。

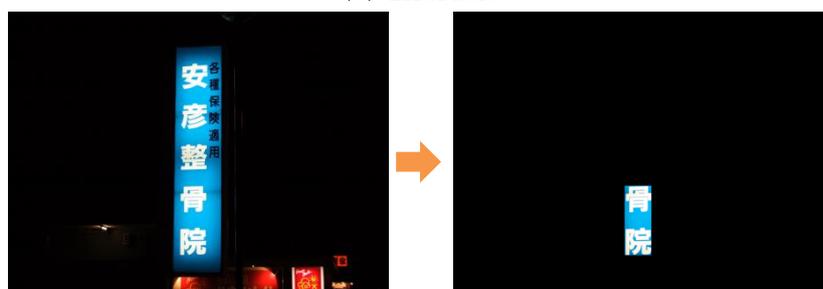
$$\text{抽出率} = \frac{\text{抽出成功数 (Perfect + Include)}}{\text{対象看板数}} \times 100 (\%) \quad (4.6)$$



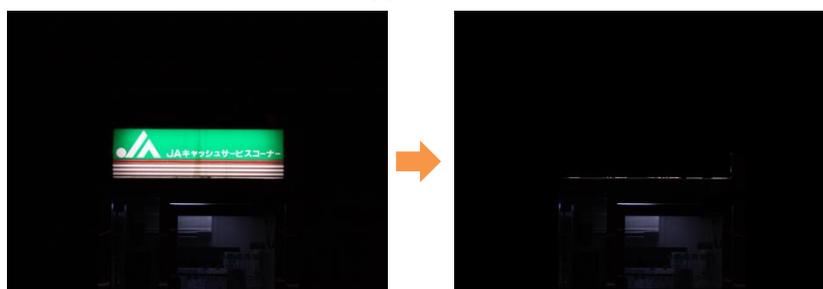
(a) Perfect



(b) Include



(c) Part



(d) Miss

図 4.13 抽出結果の分類基準

## 4.4 実験結果および評価

### 4.4.1 実験条件

対象画像は、夜間に取得した画像 300 枚（看板枚数：465 枚）を含むデータセット E であり、本研究で提案した電光看板内文字列領域抽出法と比較手法を用いて、抽出率および平均処理時間を算出した。なお、実験には、Core i7 (2.30GHz) 搭載のコンピュータを使用した。

### 4.4.2 提案手法と比較手法の抽出結果の検討

データセット E を対象として得られた抽出結果例を図 4.14 に示す。提案手法は、カラー看板および白黒看板ともに看板内文字列を正しく抽出できていることがわかる。また、比較手法は、横方向の文字列の抽出に対して有効な手法であることから、縦方向の文字列には対応していないことがわかる。

得られた抽出率の結果を図 4.15 および図 4.16 にまとめる。実験の結果、提案手法ではカラー看板 258 枚中 157 枚(60.9%)を抽出可能であること、白黒看板 207 枚中 149 枚(72.0%)を抽出可能であること、全看板 465 枚中 306 枚(65.8%)を抽出可能であることが明らかとなった。

一方、比較手法ではカラー看板 258 枚中 101 枚(39.1%)を抽出可能であり、白黒看板 207 枚中 94 枚(45.4%)を抽出可能であること、全看板 465 枚中 195 枚(41.9%)を抽出可能であることが明らかになった。すなわち、全看板では、提案手法は比較手法の約 1.6 倍の抽出率であることが明らかとなった。なお、提案手法の偽陽性のエラー件数は、カラー看板では 52 件(33.1%)であり、白黒看板では 49 件(32.9%)である。一方、比較手法の偽陽性のエラー件数は、カラー看板では 63 件(62.4%)であり、白黒看板では 60 件(63.8%)である。

以上の結果、比較手法よりも提案手法は高い抽出率が得られたものの、日中データを対象とした場合と比較し、夜間データにおける電光看板の抽出率は低下することが明らかになった。このため、看板背景の色情報・明度値を活用した処理についてはさらなる検討が必要であると考えられる。



図 4.14 電光看板の抽出結果例

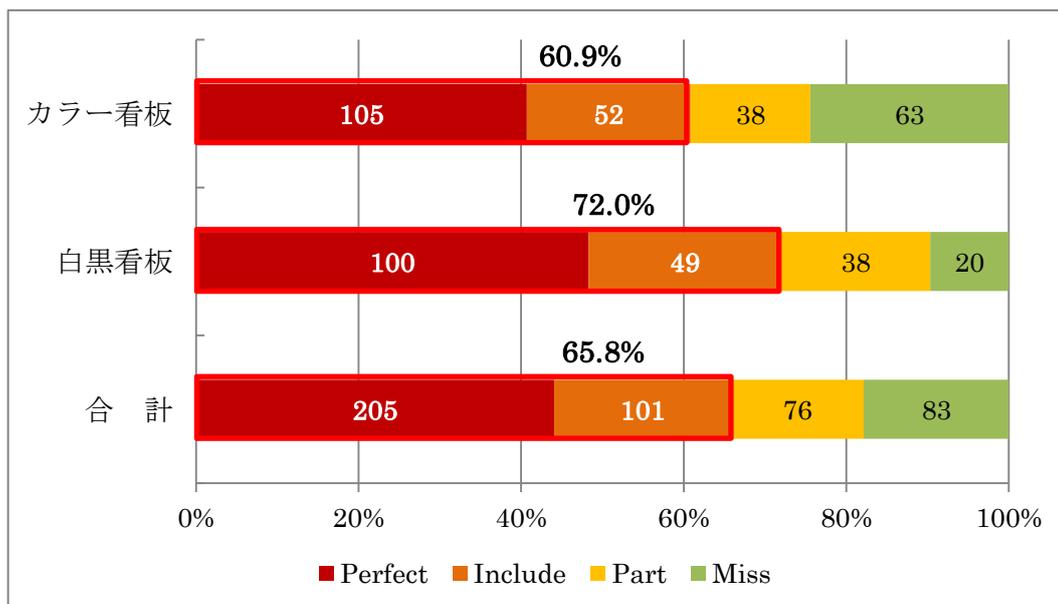


図 4.15 提案手法の抽出率

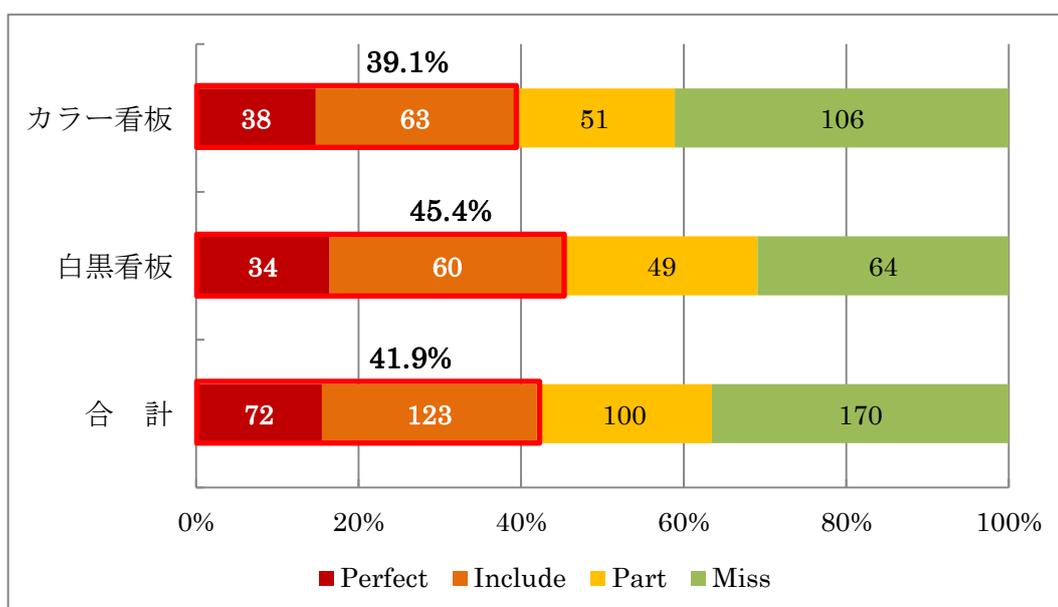


図 4.16 比較手法の抽出率

#### 4.4.3 提案手法と比較手法の処理時間の検討

Core i7 (2.30GHz) 搭載のコンピュータを用いて、データセット E に対する平均抽出処理時間を算出した。その結果、提案手法では約 9.6 秒であるのに対し、比較手法では約 55.9 秒であった。すなわち、提案手法は比較手法の約 5.8 倍高速に処理可能であることが明らかとなった。

#### 4.5 まとめ

本研究では、処理速度の向上および抽出精度の向上を目的として、夜間に取得された情景画像の特徴を考慮し、夜間データと日中データの判別処理を導入した電光看板内文字列領域抽出法を提案した。得られた成果の要点を以下にまとめる。

- (1) 夜間データと日中データの明度値 ( $L^*$ ) の平均ヒストグラムについて検討した結果、夜間データは、明度値が 30 以下の範囲において、日中データの画素数を超えて分布していることが明らかとなった。また、夜間データの明度値の累積ヒストグラムの分布を検討した結果、全体画像の画素数に対する明度値が 30 以下の画素数の割合は、約 25%以上であることが明らかとなった。この結果を踏まえ、夜間データ判別処理を提案し、その有効性を明らかにした。
- (2) 夜間データと判別された画像について検討した結果、電光看板領域を抽出する特徴量として、明度値が 16 以上の画素を考慮することが有効であり、抽出率の向上に寄与することを明らかにした。
- (3) 提案手法はデータセット E の対象電光看板 465 枚中 306 枚(65.8%)を抽出可能であることを明らかにした。
- (4) データセット E の平均抽出処理時間は、提案手法では約 9.6 秒であることを明らかにした。

## 第 4 章 文献

- (1) 劉, 山村, 大西, 杉江 : 「シーン内の文字列領域の抽出について」, 信学論, Vol.J81-D2, No.4, pp.641-650(1998)
- (2) 張, 長井, 樽松 : 「ユーザの簡易指定に基づく情景中の文字抽出と認識」, 情処学論, Vol.46, No.10, pp.2556-2565(2005)
- (3) 高橋, 金, 中嶋 : 「ハンゲルの構造特徴を用いた情景画像からのハンゲル文字列領域抽出」, 信学論 (D-II), Vol.J88-D-II, No.9, pp.1808-1816(2005)
- (4) Hon-Son Don : “A noise attribute thresholding method for document image binarization”, International Journal on Document Analysis and Recognition, Vol.4, pp.131-138 (2001)
- (5) 松田, 大町, 阿曾 : 「2 値化とエッジ抽出による情景画像からの文字列高精度検出」, 信学論, Vol.J93-D, No.3, pp.336-344 (2010)
- (6) 大津 : 「判別および最小 2 乗基準に基づく自動しきい値選定法」, 信学論 D, Vol.J63-D, No.4, pp.349-356 (1980)
- (7) 高木, 下田 : 「新編 画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会 (2004)

## 第 5 章 結論

現在、画像処理技術は、産業界や娯楽業界など社会の様々な場所で応用されている。また、画像検索やロボット分野などにおいても研究・開発が進められており、多くのシステムに応用されている。個人のレベルでも、カメラ機能付き携帯電話、スマートフォンやタブレット端末が広く普及し、多くの情景画像を気軽に撮影できるようになった。その撮影された情景画像から文字情報を抽出し、文字認識できる技術が確立されれば、様々なシステムとの連携が可能になると考える。しかしながら、屋外で撮影された情景画像から文字列を抽出する技術には、現在も多くの課題や制限が存在する。その実用化には、情景画像の特徴を考慮して看板内文字列抽出処理を高い抽出率で、かつ高速処理を実現するアルゴリズムの開発が必要不可欠である。

本研究では、看板内の背景色の色相範囲を分割処理することで、高い抽出率かつ高速処理を実現するアルゴリズムについて検討を行い、システム実用化に向けた要素技術について基礎的な検討を加えた。以下に本論文で得られた主な結果を記し、それに引き続いてこれらの工学的意義についてまとめる。

### 5.1 本論文により得られた主な知見

第 1 章では本研究の背景と目的および本論文の主題である情景画像を対象とした文字列抽出に関する関連研究を概観するとともに、本論文の内容について述べた。

第 2 章では、一般的な看板および電光看板についての種類とその特徴について検討し、次に、本研究で使用した日中および夜間の情景画像データの取得方法・取得場所および対象看板の特徴、データセットの設定について述べた。さらに、本研究において情景画像から文字列抽出のために着目した情景画像中の特徴について述べた。得られた結果を以下にまとめる。

日中に取得された画像中の看板の特徴は、①看板の背景色と文字色のコントラストが高い。②主に赤・橙・黄・緑・青・紫・白・黒の 8 色から構成される。③同一観測対象であっても天候や時間などのデータの取得条件によっては、RGB 値が大きく変化する。また、夜間に取得された画像中の電光看板の特徴は、電光看板が発光しているとき、蛍光灯の照度、看板に付着した汚れの程度、くすみの程度の違いなどに起因し、看板内の色情報が不定となる。

第 3 章では、日中に取得された看板データを用いて、看板内文字列の抽出率向上および処理時間の高速化を図るアルゴリズムについて検討を行った。はじめに、看板内文字列領域抽出法の処理手順と手法の検討内容について述べた。次に、提案手法の有用性を検証するため、比較手法による結果との抽出率と処理速度の比較検討を実施した。その結果、提案手法は、比較手法に比較し、抽出率および処理速度ともに向上しており、提案手法の有用性を明らかにした。得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 色相および濃淡の範囲を分割して範囲ごとに処理を施すことは、看板内の背景色に依存しない看板候補領域の抽出および処理時間の短縮に寄与することを明らかにした。
- (2) RGB 値の差分値を用いることは、看板と看板の背景色と類似した色により構成された構造物の分割に有用であることを明らかにした。
- (3) 画素が有している色情報と輝度情報は、陰影の影響を強く受けた白色看板を抽出するための特徴量として有用であることを明らかにした。
- (4) エッジを構成する要素の画素数と画素分布領域を用いて画素分布の特徴を考慮することは、看板領域の抽出および非看板領域の棄却に有用であることを明らかにした。
- (5) 提案手法は、データセット B の対象看板のカラー看板 319 枚中 313 枚(98.1%)、白黒看板 569 枚中 513 枚(90.2%)の看板を抽出可能であることを明らかにした。
- (6) データセット B の平均抽出処理時間は、提案手法では約 0.71 秒であることを明らかにした。
- (7) 看板内の文字列の方向にかかわらず、提案手法は看板内文字列領域を良好に抽出可能であることを明らかにした。

第 4 章では、夜間に取得した電光看板データを用いて、情景画像中の電光看板内文字列の抽出率向上および処理時間の高速化を図るアルゴリズムについて検討を行った。電光看板データは、背景色の色情報が不定で部分的に変化しており、日中の看板データと比較し、抽出が困難となる場合が存在する。そこで、入力データが夜間データか否かを判別する処理について検討を加えた。夜間データに関しても、提案手法は比較手法と比較し、抽出率および処理速度ともに向上しており、提案手法の有用性を明らかにした。得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 夜間データと日中データの明度値 ( $L^*$ ) の平均ヒストグラムについて検討した結果、夜間データは、明度値が 30 以下の範囲において、日中データの画素数を超えて分布していることが明らかとなった。また、夜間データの明度値の累積ヒストグラムの分布を検討した結果、全体画像の画素数に対する明度値が 30 以下の画素数の割合は、約 25% 以上であることが判明した。この結果を踏まえ、夜間データ判別処理を提案し、その有効性を明らかにした。
- (2) 夜間データと判別された画像について検討した結果、電光看板領域を抽出する特徴量として、明度値が 16 以上の画素を考慮することが有効であり、抽出率の向上に寄与することを明らかにした。
- (3) 提案手法はデータセット E の対象電光看板 465 枚中 306 枚(65.8%)を抽出できることを明らかにした。
- (4) データセット E の平均抽出処理時間は、提案手法では約 9.6 秒であることを明らかにした。

## 5.2 本論文の工学的意義

以下に本論文の工学的意義について述べる。

- (1) 現在、情景画像の特徴を考慮して看板内の文字列を高速かつ高精度で抽出することは、看板認識システムの実用化を図る上で、重要な課題である。本論文では、まず、看板内の背景色情報に着目し、色相範囲分割処理による看板内文字列抽出処理を提案した。次に、日中に取得された画像データを対象とした場合、提案手法の抽出率は94%以上であり、比較手法の約1.6倍の性能であることを示した。また、処理速度については平均で約0.71秒であることを示した。
- (2) 看板認識システムの実用化を想定した場合、夜間に取得した情景画像データについても検討を加える必要があるが、従来研究では未検討であった。そこで、本研究では、夜間に取得された電光看板データについて検討を行った。夜間データ判別処理を導入することで、夜間データの抽出率が向上することを明らかにした。実験の結果、提案手法の抽出率は65.8%であること、処理速度は平均で約9.6秒であることを明らかにした。

以上のように、本研究では情景画像における看板抽出アルゴリズムを提案し、高速かつ高精度で処理ができることを明らかにした。

### 5.3 今後に残された諸問題

最後に、今後に残された諸問題について述べる。

#### (1) 夜間データの抽出率の向上

本研究では、情景画像中の看板の背景色情報に着目した抽出アルゴリズムを提案し、日中データについては、94%以上の抽出率を可能にした。日中データと比較し文字列抽出が困難な夜間データについては、夜間データ判別処理を導入したことで抽出率が改善されたものの、65.8%に留まった。今後、夜間データの抽出率の向上に関して、色情報と明度値情報を関連付けし、ファジィ推論などの手法を利用するなど、新たな処理についての検討が必要である。

#### (2) 早朝や夕方時間帯および冬期間における画像データの検討

本研究では、日中の看板および夜間に発光する電光看板について検討を加えた。システムの実用化に向けて、さらに撮影条件が厳しい、例えば、早朝や夕方時間帯で薄暗く色情報が低下した環境下で看板データの撮影を行い、取得データを対象とした検討を加える必要があると考える。また、北日本などの地域においては、冬期間などは積雪による情景画像の背景として、白色を多く含む場合があり、看板領域の抽出が困難になることが想定される。これらのような撮影条件下で取得された情景画像における文字列抽出処理について検討を行う必要がある。

#### (3) 提案手法の汎用性の向上

本研究の提案手法の汎用性を検証するために、より広い地域で多くの撮影者、撮影機材でデータ収集しデータ数を増やして実験を行う必要がある。

## 謝 辞

本研究の遂行ならびに本論文の作成にあたって、終始懇切なるご指導とご鞭撻を賜りました秋田大学教授 博士（工学）景山 陽一 先生，秋田大学教授 工学博士 西田 眞 先生に心からお礼申し上げます。景山先生には，研究の方向性や研究の進め方，論文の書き方に至るまで，大変にお忙しいにもかかわらず懇切丁寧なご指導をいただきました。西田先生には，専門外からの入学にもかかわらず快く受け入れていただき，研究の方向性や研究発表の方法など熱心なご指導をいただきました。ここに，深甚なる感謝の意を表する次第であります。

本論文をまとめるにあたり，広い視野から数々の有益なご教示を頂きました秋田大学教授 工学博士 五十嵐 隆治 先生，同教授 博士（工学） 水戸部 一孝 先生に深く感謝いたします。

本研究は秋田大学工学資源学部情報工学科西田研究室・景山研究室において行われたものです。本研究の遂行において，常に適切な助言を与えて下さり，かつご協力をいただきました秋田大学講師 博士（工学） 石沢 千佳子 先生，博士（工学）高橋 毅 技術専門職員をはじめ，本研究室大学院博士後期課程3年生 村上 龍希 氏，卒業生の鈴木 拓真 氏，大舘 賢史郎 氏，および西田研究室・景山研究室の皆様にご心から感謝いたします。

また，大学院博士後期課程への進学に対して貴重なご助言をいただき，常に激励いただいた秋田大学教授 工学博士 神谷 修 先生，秋田大学名誉教授 工学博士 川上 洵 先生に心から感謝申し上げます。

さらに，私の学部時代および大学院修士課程時代の恩師である放送大学岩手学習センター所長（岩手大学特任教授） 工学博士 齋藤 徳美 先生，岩手大学名誉教授 工学博士 宮本 裕 先生，および岩手大学教授 博士（農学）倉島 栄一 先生に心から感謝申し上げます。

大学院博士後期課程への在学について，ご配慮を頂きました秋田公立美術大学理事長 樋田豊次郎 先生はじめ関係各位に厚くお礼を申し上げます。

私の人生の岐路において，常に適切な助言を頂きました取手市在住の斎藤一信様，今は亡き両親，故・野村六郎，ツエ，祖母のムバ，義父母の故・山口富士雄様，満江様に，論文完成のご報告と共に心から感謝申し上げます。

最後に，大学院博士後期課程への入学について理解を示し，精神面，生活面から支えてくれ，研究生活を可能にしてくれた妻の由香里に心から感謝いたします。

本論文の第3章は、電気学会論文誌 C, Vol.134, No.1 掲載論文「野村 松信, 鈴木 拓真, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “背景色情報を活用した看板内の文字列領域抽出法”, 121 頁～130 頁 (2014 年 1 月)」を基に執筆したものです (本論文 98 頁本研究に関連する発表論文, 学術論文誌(2)).

また, 本論文の第4章は, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.20, No.1 掲載論文「M. Nomura, Y. Kageyama, C. Ishizawa and M. Nishida, “Automatic Extraction of Character Sequence from Electric Signboards in Nighttime Scene Images in Japan”, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.20, No.1, pp.54-58 (Apr. 2014)」を基に, さらなる検討を加えて執筆したものです (本論文 98 頁本研究に関連する発表論文, 学術論文誌(1)).

## 本研究に関連する発表論文

### 学術論文誌

#### レフェリー制のある学術雑誌

- (1) M. Nomura, Y. Kageyama, C. Ishizawa and M. Nishida, “Automatic Extraction of Character Sequence from Electric Signboards in Nighttime Scene Images in Japan”, *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources*, Vol.20, No.1, pp.54-58 (Apr. 2014)
- (2) 野村 松信, 鈴木 拓真, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “背景色情報を活用した看板内の文字列領域抽出法”, *電気学会論文誌 C*, Vol.134, No.1, pp.121-130 (2014年1月)

### 国際会議

- (1) M. Nomura, Y. Kageyama, C. Ishizawa and M. Nishida, “Improvement of Processing Speed for Extraction of Character Sequences from Electric Signboards in Nighttime Images”, *SICE ANNUAL CONFERENCE 2014* (Sapporo, Japan), WeCT4.2, pp.600-603, DVD-ROM (Sep. 2014)
- (2) M. Nomura, Y. Kageyama, C. Ishizawa and M. Nishida, “Automatic Extraction of Character Sequence from Electric Signboards in Nighttime Scene Images in Japan”, *The Seventh Inter. Conf. on Mater. Eng. for Resources*, (Akita, Japan), pp.250-255, CD-ROM (Nov. 2013)
- (3) M. Nomura, Y. Kageyama, C. Ishizawa and M. Nishida, “Extraction of Character Sequence from Electric Signboards in Night Scene Images”, *SICE ANNUAL CONFERENCE 2012* (Akita, Japan), TuP01-07, pp.999-1003, DVD-ROM (Aug. 2012)

**口頭発表**

- (1) 藤田 尚人, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 野村 松信, 西田 眞, “情景画像内における看板領域抽出処理の改善に関する検討 (Ⅱ) ”, 平成 26 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2H09 (2014 年 8 月)
- (2) 藤田 尚人, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 野村 松信, 西田 眞, “情景画像内における看板領域抽出処理の改善に関する検討”, 日本素材物性学会平成 26 年度 (第 24 回) 年会, A-2 (2014 年 6 月)
- (3) 藤田 尚人, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 野村 松信, 西田 眞, “看板背景色に依存しない情景画像内の看板領域抽出に関する検討”, 2014 年電子情報通信学会総合大会, D-11-10 (2014 年 3 月)
- (4) 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “夜間取得画像の電光看板内文字列抽出の高度化および高速化に関する検討”, 情報処理学会第 76 回全国大会, 2D-4 (2014 年 3 月)
- (5) 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “夜間取得画像を対象とした電光看板内文字列抽出の高度化に関する検討 (Ⅱ) ”, 平成 25 年度第 2 回情報処理学会東北支部研究会, 8 (2013 年 12 月)
- (6) 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “夜間取得画像を対象とした電光看板内文字列抽出の高度化に関する検討”, 2013 年映像情報メディア学会年次大会, 1-5 (2013 年 8 月)
- (7) 鈴木 拓真, 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “看板の背景色情報を活用した看板内文字列領域抽出法に関する検討”, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2T-1 (2013 年 3 月)
- (8) 鈴木 拓真, 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “看板の背景色情報を活用した文字列抽出法に関する検討”, 平成 24 年度第 1 回情報処理学会東北支部研究会, 21 (2012 年 12 月)
- (9) 鈴木 拓真, 野村 松信, 景山 陽一, 石沢 千佳子, 西田 眞, “背景色情報を活用した看板内文字列領域抽出法 (Ⅱ) ”, 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2D15 (2012 年 8 月)
- (10) 野村 松信, 景山 陽一, 西田 眞, 大舘 賢史郎, “夜間取得画像を対象とした電光看板内文字列領域抽出に関する検討 (2) ”, FIT2011 第 10 回情報科学技術フォーラム, H-057 (2011 年 9 月)
- (11) 野村 松信, 景山 陽一, 西田 眞, 大舘 賢史郎, “夜間取得画像を対象とした看板内文字列領域抽出に関する検討”, 日本素材物性学会平成 23 年度 (第 21 回) 年会, A-3 (2011 年 6 月)