

带状看板検出による市街地地図上の店舗の存在確認

中川 祐[†] 高橋 友和[†] 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†] 目加田慶人^{††}

[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

[†] 中京大学 生命システム工学部 〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

E-mail: { ynaka, ttakahashi, ide, murase }@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, † y-mekada@life.chukyo-u.ac.jp

あらまし 近年、カーナビゲーションシステムやインターネット地図の普及により地図データベースを利用する機会が増えてきている。しかし、地図の更新は都市部でも年に約1回という頻度でしか行われていない。そこで、カメラを搭載した多数の一般車両が実際に街を走行し、得た映像を計算機で処理することで地図を自動で更新するシステムが考えられている。本稿では、そのようなシステムで用いられることを前提に、地図上のチェーン店舗の存在を確認する手法を検討する。入力画像として全方位カメラで撮影された夜間の画像を与え、画像中から带状の店舗看板を検出し、その色特徴を利用することでチェーン店舗の存在確認を行う。実験ではコンビニエンスストア5社を対象として存在確認を行い、良好な結果を示すことができた。

キーワード 全方位画像、透視投影変換、ハフ変換、ヒストグラムインターセクション

Confirming the Existence of Stores on an Urban Map by Detecting Strip-like Signboards

Yu NAKAGAWA[†], Tomokazu TAKAHASHI[†], Ichiro IDE[†], Hiroshi MURASE[†], and Yoshito

MEKADA^{††}

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8603 Japan

[†] School of Life Sciences and Technology, Chukyo University

101 Tokodachi Kaizu-cho, Toyota, Aichi 470-0393

E-mail: { ynaka, ttakahashi, ide, murase }@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, † y-mekada@life.chukyo-u.ac.jp

Abstract Recently, we use digital map systems such as car navigation systems and Internet map services very often. However, such maps are not updated frequently. It is at most about once a year even in an urban city. It is considered that the map system should be updated automatically by analyzing images collected by cars running daily in cities. In this paper, we propose a method to confirm the existence of stores on a map. An omni-directional camera is used to take images at night, then strip-like signboards in images are detected. The existence of chain stores is confirmed by their common color feature. In the experiments using images including five major chain stores and other kinds of stores, our method confirmed the existence of stores that belong to the chains very well.

Key words omni-directional image, perspective transformation, Hough transformation, histogram intersection

1. はじめに

近年、非常に多くの車両にカーナビゲーションシステムが搭載され、より付加価値の高いナビゲーション技術の開発が盛んに行われている。また、インターネットのブロードバンド化が広く進んだことで、詳細な地図情報が手軽に閲覧できるようになった。このように、現代社会において、地図データベースを利用する機会は多くなってきている。

地図データベースはその性質上、常に新しい情報を提供することが望まれている。しかし実際には、都市部でも年に約1回、それ以外では数年に1回程度しか更新されない。また、更新は人手による実地踏査で行われており、時間と経費がかかるだけでなく、地図が更新された時点で既に情報として古くなっている場合もある。そこで、自動的に地図を更新できるようなシステムの構築が望まれる。

地図更新において一番の問題は、人手により実地踏査で行わ



図 1 店舗上部に存在する帯状看板



図 2

れているためにコストがかかることである。これに対して、公共交通機関などの車両にカメラを搭載して実際に街を走行し、得た映像を計算機で処理して地図を更新する試みがなされている [1]。このシステムが実現されれば、車両で自由に走行するだけで地図更新が可能となり、コストとリアルタイム性の問題が解決されるようになる。

画像処理技術を用いた地図更新の試みは、[1] のほかに [2], [3] などが挙げられるが、これらはいずれも画像間の単純な差異に注目しており、具体的にどのような建物が変化したかが分からないという問題があった。そこで、本研究では、前述のような地図更新システムの一機能として、特にチェーン店舗情報の更新について取り扱うこととする。コンビニエンスストアをはじめとして、チェーン店舗というものは移りかわりが激しい。また、このようなチェーン店舗は頻繁に利用されるだけでなく、運転の際に目印とすることも多い。よって、地図上の店舗が存在しているか確認し、その情報を最新のものに更新することの需要は高いといえる。地図上のチェーン店舗情報の更新という枠組みには、現在の地図に掲載されていないチェーン店舗を探すことのほか、現在の地図に掲載されているチェーン店舗が、実際に存在しているかを確認する作業が考えられる。本研究では、まずは後者の市街地地図上のチェーン店舗存在確認のための手法を検討する。

一般に、チェーン店舗には店舗上部に横長に看板が設置されている (図 1)。本研究では、このような看板のことを帯状看板と呼び、この帯状看板を入力画像から検出し、各店舗の特徴と照合することで、画像中にその店舗が存在するかを判断する。店舗看板の特徴量としては、色の分布特徴を用いることにした [4]~[6]。

入力画像としては、全方位カメラで夜間に撮影された静止画像を用いることにした (図 2)。帯状看板の多くは夜間は発光しているため、検出が容易となることと、また、全方位カメラを利用することで、向きに依存せず道の両側の情報を一度に得ることができるためである。ここで、全方位カメラとは、一般的なデジタルカメラに、双曲面ミラーで構成された全方位アタッチメントを接続したものである。以下、2. で帯状看板の検出と照合手法の詳細を述べ、3. で実験およびその結果をまとめ、4. で考察をする。

2. 市街地地図上の店舗の存在確認

提案手法は、入力画像から帯状看板領域を検出する処理と、検出された帯状看板領域中から特徴量を抽出し、学習データとの比較を行う処理の 2 つに大きく分けられる。それぞれの処理について、以降の節で詳しく説明する。

2.1 帯状看板領域の検出

2.1.1 看板候補領域の抽出

店舗の看板というものは、人目につくように彩度が高い。また、夜間には店舗の看板が発光しているため明度も高い。つまり、夜間の看板は周囲に対して彩度と明度が高くなる傾向にある。よって、入力画像を RGB 空間から HSV 空間に変換し、彩度 S と明度 V に関して閾値を設定して 2 値化処理を行い、大まかな看板候補領域を切り出すためのマスクを作成する。なお、考える HSV 空間では、 H は $0 \leq H < 360$ 、 S は $0 \leq S \leq 1$ 、 V は $0 \leq V \leq 1$ の範囲で値をとる。

画像の明度はカメラの露光量によって変化する [7]。露光量は、カメラの絞りとシャッタースピードにより変化する量である。よって、明度の閾値を次式によって決定する。

$$V = \gamma \log \left(k \frac{S_v}{F^2} \right) \quad (1)$$

ここで、 V は画像の明度、 F はカメラの絞り、 S_v はカメラのシャッタースピード、 γ 、 k は定数である。一般的なカメラであれば、シャッタースピードと絞りの値は撮影時に画像のヘッダに記録されるため既知とすることができる。よって、この 2 つのパラメータが決まっているときに、式 (1) から明度の閾値を適応的に決定する。定数項 k 、及び彩度の閾値は実験的に定める。

このように閾値処理した画像中の、街灯や車の制御灯といったノイズは、小連結領域を削除することで除去する。

2.1.2 帯状領域の検出

帯状看板は実世界では直線で構成されている。しかし、全方位画像は双曲面ミラーに映った像を撮影しているために、画像中では帯状看板も曲線となり検出は容易ではない。全方位画像から直接直線を検出する方法も考えられるが [8], [9]、後の処理やパラメータ設定を容易にするために、全方位画像を透視投影画像に変換した [10]。得られた透視投影画像に対して、ハフ変換を用いて帯状看板の上下に対応する直線部分を検出する。そ

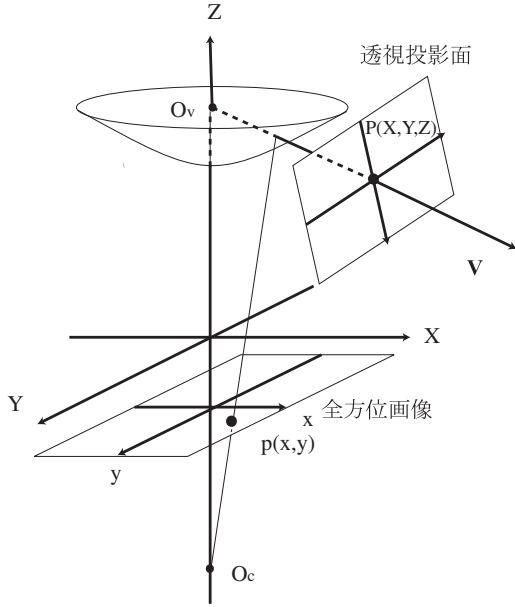


図3 全方位画像の透視投影変換

して、検出された直線に囲まれるような領域があれば、それを帯状看板として検出する。

以降、ワールド座標系 XYZ 、全方位画像座標系 xy について考える。

全方位カメラは双曲面ミラーからなり、双曲面ミラーは焦点を2つもつ。この焦点のうち一方 O_c がデジタルカメラのレンズの位置となる。もう一方の焦点 O_v に視点があるとして、式 (2)、式 (3) でワールド座標系における透視投影面の点 $P(X, Y, Z)$ と、全方位画像中の点 $p(x, y)$ とを対応付けて透視投影変換を行う (図3)。

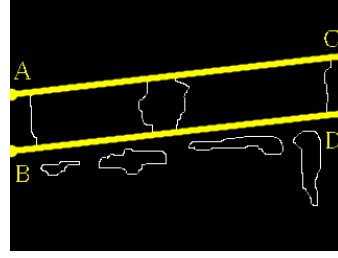
$$x = \frac{Xf(b^2 - c^2)}{(b^2 + c^2)Z - 2bc\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} \quad (2)$$

$$y = \frac{Yf(b^2 - c^2)}{(b^2 + c^2)Z - 2bc\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} \quad (3)$$

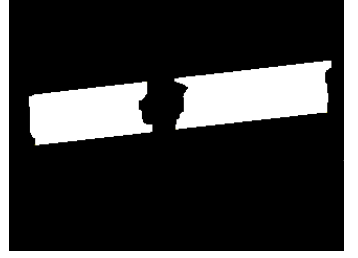
ここで、 f はカメラの焦点距離、 b と c は双曲面ミラーの形状を決定するパラメータである。

全方位画像を透視投影変換するには、視線ベクトル $\mathbf{V}$ を決めるために、全方位画像中の1点を指定する必要がある。地図の情報 (GPS など) を用いることで、全方位画像上のどの方向に帯状看板が写っているかをある程度推測することができるが、普及型 GPS には 10m 程度の誤差があり、これに基づく推定は困難である。そこで、全方位画像上で帯状看板が存在し得る領域を漏れなく調査するため、全方位画像上の複数の点を指定し複数方向の透視投影変換を行い、それぞれに対して後述のハフ変換による直線領域の検出の処理を行う。全方位画像から透視投影変換により得られた複数枚の画像に対し、それぞれキャニーフィルタ [11] によりエッジ検出を行った後に、ハフ変換を行う。ハフ変換の結果、もっとも多くの直線候補が得られた画像を以後の処理では採用し、他の画像は破棄する。

帯状看板は横長に設置されているため、透視投影変換画像で



(a) エッジ画像と検出された画像端の点



(b) マスク画像

図4 帯状看板領域の抽出

は画像横幅に対して大きな割合を占める。そこで、得られた直線候補が通る点のうち、画像の左端と右端に注目する。それぞれについて画像の y 軸の値が最小、最大となるような値を記憶しておく。そうして得られた4点を順につないでできる4角形の内部を、帯状看板を検出するマスクとする (図4)。図4の様に、4点 A, B, C, D に囲まれる領域内部かつ前節で得られた看板領域の画素全てを帯状看板とする。

入力画像を作成されたマスクと同じ視線ベクトルの方向で透視投影変換し、変換後の画像に作成されたマスクを入力画像に施した結果が、入力画像に写っている帯状看板であるとする。

以上の処理について、実際のデータに適用した例を図5に示す。

2.2 特定店舗の存在確認

2.2.1 看板の色特徴量の類似度

入力画像は HSV 空間に変換しておき、前節の処理で検出された帯状看板の領域について、色相 H と彩度 S の2次元ヒストグラムを作成する。ヒストグラムの bin は、色相 H を 10 ごと、彩度 S を 0.1 ごととし決定した。この2次元色ヒストグラムについて、値の総和が1となるように正規化したものをチェーン店の特徴量とする。

学習データと入力データでそれぞれ得られた2次元ヒストグラムについて、その類似度からカテゴリを決定する。ヒストグラム間の類似尺度としては、次式で定義されるヒストグラムインターセクションが知られている [12]。

$$S = S(H_L, H_I) = \sum_j \min(h_{Lj}, h_{Ij}) \quad (4)$$

H_L および H_I はそれぞれ学習データ、入力データの正規化されたヒストグラムである。 h_j はヒストグラム H の j 番目の bin の値である。実際には入力画像1枚ごとに帯状看板が抽出され、その1つ1つを学習し、その学習したヒストグラムから得られる平均ヒストグラムと、入力データのヒストグラムとで類似度を計算する。図6に学習された色ヒストグラムの例を示す。

2.2.2 店舗の分類

ヒストグラムインターセクションが、閾値以上であれば入力データが学習データのクラスに属すると決定する。そこで、チェーン店舗のクラスごとに閾値を決定する。ここで、閾値を決定したいチェーン店舗を A とする。学習に使用しなかったチェーン店舗 A と、 A を除くすべてのチェーン店舗との類似度を式 (4) により計算する。チェーン店舗 A 同士の類似度と、

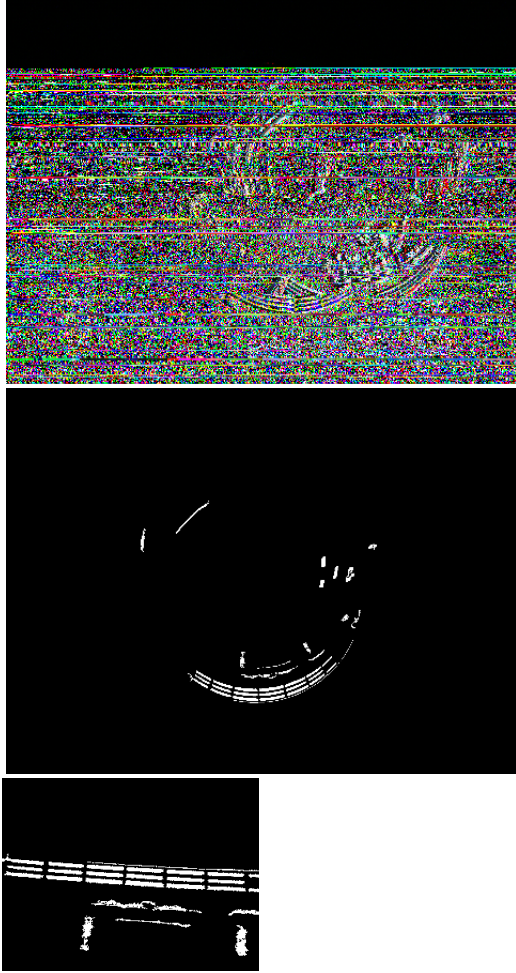


図 5 上段:入力画像例 中段:看板候補領域抽出結果
下段左:透視投影変換結果 下段右:帯状看板検出結果

図 6 学習した色ヒストグラムの例

チェーン店舗 A とその他のチェーン店舗との類似度について、それぞれ出現確率分布を作成する。チェーン店舗 A のクラス ω_1 と、その他のチェーン店舗のクラス ω_2 の 2 クラスに分けた場合に、これらの出現確率分布は、チェーン店舗 A のデータ $\mathbf{x}_A$ が現れたときの、それぞれのクラスにおける確率密度関数 $p(\mathbf{x}_A|\omega_i)$ であると考えられる。各クラスの事前確率を $P(\omega_i)$ とすれば、識別関数は次式であらわされる [13]。

$$g_i(\mathbf{x}_A) = P(\omega_i)p(\mathbf{x}_A|\omega_i) \quad (5)$$

識別関数に関して、ある値を決めて 2 つの領域に分割したとき、これによって生じる誤分類の確率を最小にするような値を、クラス分類の閾値とする。

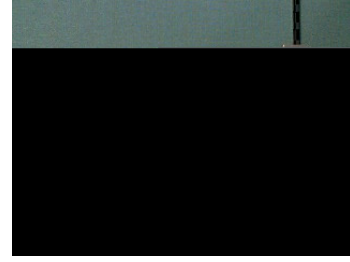


図 7 全方位カメラ

表 1 実験に用いたデータの内訳

	店舗名	データ数	帯状看板例
(a)	ミニストップ	12	
(b)	サークル K	10	
(c)	ファミリーマート	11	
(d)	ローソン	13	
(e)	セブンイレブン	15	
(f)	その他	54	

3. 実験

実験では、図 7 のような全方位カメラを用いた。全方位アタッチメントはヴィストン社の VS-C450MR を、使用したデジタルカメラは Panasonic 社の DMC-FZ30 である。

実験は帯状看板の検出実験と店舗の存在確認実験の 2 つにわけて行った。前者の実験では、チェーン店舗全般の帯状看板を検出することを目標としている。後者の実験では、チェーン店舗の中でも特にコンビニエンスストアの存在を確認することを目標としている。コンビニエンスストアのうち、全国的に見て店舗数が多い「ミニストップ」、「サークル K」、「ファミリーマート」、「ローソン」、「セブンイレブン」の 5 種を存在確認の対象とした。他にも様々なコンビニエンスストアが存在するが、ここではそれらはその他のチェーン店と同じとみなし、存在確認は行わない。

存在確認の対象である各コンビニエンスストアに対しては、それぞれ 4～5 店舗を、日にちや撮影場所を変えて撮影した。その他のチェーン店舗については、存在確認の対象ではないコンビニエンスストアに加え、ガソリンスタンドやファストフード店など様々な業種の帯状看板を撮影した。表 1 に実験に用いたデータの内訳を示す。

3.1 帯状看板の検出実験

実験では、表 1 に示したような、115 枚の画像を入力した。画像サイズは $2,560 \times 1,920$ pixel である。シャッタースピードは 0.25 秒、絞り値は 8.0 とした。式 (1) における定数 γ と k は実験的に $\gamma = 1$ 、 $k = 268$ と定めた。透視投影変換は 8 方向で行った。ハフ変換において直線とみなしたのは、画像横幅の $1/3$ 以上の投票数があった場合とした。

帯状看板の検出実験では、ハフ変換により直線が検出され、帯状領域を抽出する 4 点が決定できた場合、その 4 点に囲まれ

表 2 帯状看板の検出結果

チェーン店舗	画像枚数	検出成功数	検出率 (%)
(a)	12	12	100
(b)	10	10	100
(c)	11	11	100
(d)	13	13	100
(e)	15	13	86
(f)	54	42	77
合計	115	101	87.8

る領域中に帯状看板に対応する部分が残っていれば、検出成功であるとした。一部でも看板部分が残っていれば、色特徴を用いて店舗の存在確認が行える可能性があるためである。

表 2 に帯状看板検出の結果を示す。入力画像 115 枚のうち、101 枚の画像について帯状看板を検出することができた。存在確認の対象としている 5 社に関しては、検出率 97.2%と特に良好な結果が得られた。

3.2 店舗の存在確認実験

実験には、帯状看板の検出実験で検出に成功した画像 101 枚を用いた。これらは透視投影変換後の画像であり、画像サイズは 320×240 pixel である。チェーン店舗ごとの閾値決定における各クラスに対する事前確率は 0.5 とした。なお事前確率を変動させても以下の結果が変わらないことを別途実験的に確認している。

実験データは学習データと入力データにわけられるが、そのわけ方としてクロスバリデーション法を用いた。これはデータをセット A とセット B に 2 分割し、まずセット A を学習データとし、セット B をテストデータとし、次にセット A と B を入れ替えてそれぞれ実験したときの平均を手法の能力とするものである。

さらに、あるチェーン店舗について、そのヒストグラムを学習するためのデータとチェーン店舗を分類するための閾値を決めるためのデータが必要である。異なるチェーン店舗間での類似度は十分小さいことが予備実験で確認されたため、本実験では同じデータを用いてヒストグラムを学習し、閾値を決定した。

入力画像に特定のチェーン店舗が写っていた場合に、そのチェーン店舗の学習データと入力データの類似度が閾値以上であれば正しく存在確認ができたと判断する。特定のチェーン店舗が画像中に写っているにも関わらず、類似度が閾値を下回った場合は確認漏れであるとする。逆に、画像中に特定のチェーン店舗が写っていないのに、類似度が閾値を上回ってしまった場合は確認誤りであるとする。

表 3 に帯状看板検出の結果を示す。表中の A, B はクロスバリデーション法における学習セットの識別名である。チェーン店舗 (d) について確認誤りが目立ったが、おおむね良好な結果が得られた。

4. 考 察

4.1 帯状看板の検出実験の考察

チェーン店舗 (e) で失敗した 2 例は、帯状看板の一部がバス

表 3 店舗の存在確認の結果

チェーン店舗	正解数	成功数	確認漏れ数	確認誤り数
(a)-A	6	6	0	0
(a)-B	6	6	0	0
(b)-A	5	4	1	0
(b)-B	5	5	0	0
(c)-A	6	5	1	0
(c)-B	5	5	0	0
(d)-A	7	7	0	3
(d)-B	6	5	1	1
(e)-A	7	7	0	0
(e)-B	6	5	1	0
合計	59	55	4	4

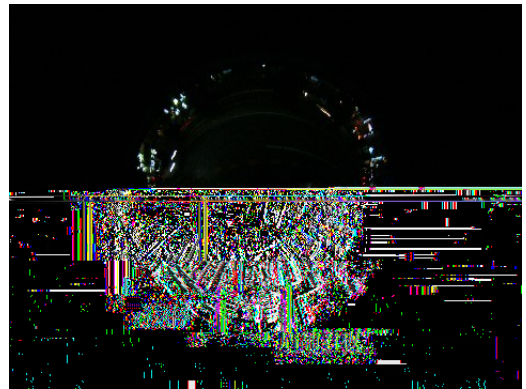


図 8 看板が隠れてしまう例

停によって隠されていたことが原因であった。このような場合は帯状看板の領域が画像中で分断され、小連結成分として削除されてしまい、結果的にハフ変換の際に、直線としての投票数が閾値に満たなくなっていた。現状では、このような隠蔽が発生している場合への対応は難しい。

最初に彩度による閾値処理をしたために、帯状看板のうち白や黒の部分の情報は欠落してしまった。図 9 のような看板は、白い領域で囲まれている。そのため、閾値処理により帯状看板の帯状特徴が消えてしまい、ハフ変換では検出ができない。このように帯状看板の特徴がうまく利用できない例も存在する。解決方法として、たとえば彩度 S が低くても R, G, B の値が十分大きければ、その領域は帯状看板候補領域とするといった手法が考えられる。

4.2 店舗の存在確認実験の考察

表 3 について、チェーン店舗 (d) のみが違うチェーン店舗を誤った。これは、チェーン店舗 (d) の看板が単色であることに起因している。同じ色の組み合わせの異なる店舗看板であっても、各色の面積割合が異なれば分類は可能であるが、チェーン店舗 (d) の看板は青一色であり、同じく青一色で構成された別のチェーン店舗だと誤ってしまった (図 10)。同図の 2 画像間の類似度の値は 0.7 前後と非常に高く、チェーン店舗 (d) 同士の類似度と大差がないため、提案手法でこれらを分類するのは難しい。図 11 に似た色の組み合わせであるが、類似度の値が十分低い 0.4 前後となるようなチェーン店の例を示す。



図 9 検出漏れの例: 白い領域で囲まれた帯状看板



図 10 同一単色で構成された異なる店舗の看板

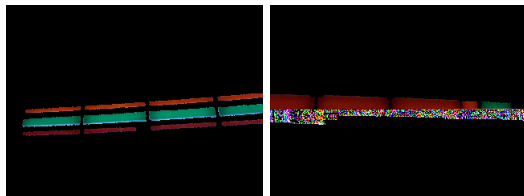


図 11 似た色の組み合わせで構成された異なる店舗の看板

確認漏れを起こしている例は、帯状看板検出の際に、看板の一部が欠落してしまっている場合がほとんどである。提案手法では、検出された看板領域中の色相 H と彩度 S の分布の割合を特徴量として用いており、看板がいくつかの色の組み合わせで構成されてるときに、欠落した領域の面積が大きい場合などは、この割合が大きく変化し、結果として正しく検出された帯状看板の特徴量との類似度が低くなる。帯状看板の一部しか検出できなかった場合でも正しく認識できた例もあるが、信頼性を考えるならば、学習時には帯状看板検出の段階で完全ではなかった画像は、その時点で除外するべきであると考えられる。

5. む す び

本研究では、多数の一般車両で実際の街を走行し地図を自動更新するシステムの一環として、チェーン店舗の存在確認をする手法を提案した。画像は夜間に全方位カメラで取得した。帯状看板の検出には、帯状看板特有の彩度 S や明度 V が高いといった情報を用い閾値処理を行い、全方位画像を透視投影画像変換した後に、ハフ変換を用いて看板の上下に対応する直線領域を検出し、直線に囲まれる領域を帯状看板領域とした。店舗の存在確認は、チェーン店舗ごとに色相 H と彩度 S の正規化 2 次元ヒストグラムを特徴量とし、類似度としてヒストグラムインターセクションを用いた。類似度がベイズ決定則により決められた閾値以上であれば、目的の店舗が存在するとした。

実験により、帯状看板の検出率は 87.8% という結果が得られた。特にコンビニエンスストア 5 社に関しては 97.2% という結果が得られた。店舗の存在確認について、コンビニエンスストア 5 社を対象に実験を行い、おおむね良好な結果が得られた。

今後の課題としては、実際の車載カメラ映像と測地情報に基づき市街地映像マップを自動更新する手法の開発の他、以下のものが挙げられる。

- 多くのチェーン店への対応
- 色情報に加え色の配置やロゴ情報の利用
- 昼間に撮影された画像への対応
- 地図上にない新規店舗の検出

謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に感謝する。本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「社会情報基盤のための音声・映像の知的統合」による。本研究では、画像処理に MIST ライブラリ (<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した。

文 献

- [1] 佐藤准嗣, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋: “市街地映像マップの構築のための車載カメラ映像間対応付け”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005) 講演予稿集, pp.341-346, Jul. 2005
- [2] 大塚謙, 小玉洋一, 小松尚久: “衛星写真を用いた地図の自動更新に関する一検討”, 信学総大講演論文集 vol.6, p.133, Mar. 2002
- [3] 渡辺真太郎, 宮島耕治: “エビポーラ拘束を利用した撮影位置の異なる航空写真からの建造物の変化抽出方法”, 情処研報 2000-CVIM-122-5, May. 2000
- [4] 山口高康, 青野博, 本郷節之: “モバイルカメラで撮影した看板画像の特徴量に関する考察”, 信学技報, PRMU2004-106, Nov. 2004
- [5] 松川善彦, 目片強司: “実世界情報利用へ向けた車載カメラ映像からの色パターンの検出”, 信学技報, ITS2001-32, Nov. 2001
- [6] 岡村豊明, 八村広三郎: “看板画像の情報をキーとする情報提供システム”, 信学技報, IE2004-196, Feb. 2005
- [7] サンダー平山, 北村智史, 藤島健, 山岡麻子: “露出完全マスター HandBook”, 学習研究社, Dec. 1995
- [8] 山澤一誠, 八木康史, 谷内田正彦: “HyperOmni Vision と全方位 Hough 変換を用いた線分の三次元再構築”, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.5, pp.76-85, Jul. 1998.
- [9] 鳥居明彦, 望月義彦, 井宮淳: “球面画像のハフ変換”, 信学技報, PRMU2005-132, Dec. 2005.
- [10] 山澤一誠, 八木康史, 谷内田正彦: “移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚系 HyperOmni Vision の提案”, 信学論 (D-II), Vol.J79-D-II, No.5, pp.698-707. May. 1996.
- [11] J.Canny: “A Computational Approach to Edge Detection”, IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. PAMI-8, No.6, pp.679-697, Nov. 1986
- [12] 村瀬洋, V.V.Vinod: “局所色情報を用いた高速物体探索 –アクティブ探索法–”, 信学論 (D-II), Vol. J81-DII, No.9, pp.2035-2042, Sep. 1998
- [13] 田村秀行: “コンピュータ画像処理”, オーム社, Dec. 2002