

道路情景画像からの最高速度標識の検出と最高速度の識別

Detection of the Speed Limit Sign in a Road Scene Image and Recognition of the Speed Limit

薮木 登 三木 成彦
Noboru YABUKI Shigehiko MIKI

津山工業高等専門学校
Tsuyama National College of Technology

Abstract We describes a method for a detection of the speed limit sign in a road scene image and recognition of the speed limit. And we discuss this method on the basis of experimental results. We use two characteristics of the speed limit sign in this method. One is that a binary image is segmented into two regions, an inside region of the red circle region on the speed limit sign and outside regions, by using the discriminant analysis method. The other is that the speed limit sign is a circle. We obtained the satisfactory result on the experiment in the clear weather except for the case of an image taken against the light .

1. まえがき

道路を車両が走行するために情報を得るものとして標識がある。標識には、規制標識、指示標識、警戒標識、案内標識の4種類があり、この標識を認識・理解することにより、車両が安全に目的地へつくことができる。近年、屋外を自律走行する自律走行車両に関する研究が盛んに行われており、道路標識を自律走行のための補助情報としても利用できる。その標識に関する研究として、道路情景画像から案内標識を切り出す方法⁽¹⁾、文字パターンの抽出と認識をする方法^{(2) - (4)}、丸い標識のエッジを検出する方法^{(5), (6)}が報告されている。

本論文では、車両の自律走行の第一歩として、また、運転者の標識の見落としをカバーするものとして、道路情景濃淡画像から最高速度を示す標識（以下、最高速度標識と呼ぶ）を検出し、さらに最高速度を識別する手法^{(7), (8)}を説明し、実験によりその手法の検討を行う。

本手法は、濃淡画像において、最高速度標識の持つ2つの特徴を利用したものである。その特徴の1つは標識の周囲は赤くなっており、濃淡画像として扱う場

合は輝度が低く黒っぽく表示され、標識の赤い領域に囲まれた数字を除く領域は輝度が高く白っぽくなっていることである。すなわち、簡単な2値化処理（判別分析法等）により標識の赤い領域に囲まれた数字を含む領域（以下抽出領域と呼ぶ）と標識以外の背景領域を分けることができる。もう1つの特徴は、最高速度標識の抽出領域がほぼ円形であることである。したがって、2つの特徴より判別分析法と真円度を調べることで抽出領域がほぼ決定できる。

本報告では、2. で本手法の処理手順について説明し、3. では道路情景をビデオ撮影し、そのビデオ画像に対して本手法を適用した結果を示し、本手法の検討を行う。4. では、本手法の問題点と、今後の検討課題を整理する。

2. 手法

本手法の最高速度標識の検出、数字の切り出し方法については既に報告済み⁽⁸⁾であるが、説明の都合上、ここで簡単に述べておく。

本手法においては、走行車上に固定したビデオカメラにより道路情景をビデオ撮影し、その映像を画像

処理装置SPICCA-II（日本アビオニクス株式会社）⁽¹⁴⁾に4つの連続濃淡画像として取り込み、その4つの画像を図1のように1つの画像として処理するものとし、その大きさは512×480画素で濃度値256階調の濃淡画像である。この入力方法を採用した理由は、現在のコンピュータの処理速度は遅く、走行する車両において標識を取り込めずに通り返してしまう可能性が高いので、このような入力画像にすることにより、画像処理装置への標識の取りこぼしを減らし、検出・識別精度を少しでも上げるためである。また、扱う最高速度標識は時速30、40、50kmの標識とする。

2.1 最高速度標識の検出

ここでは、図1の入力画像から抽出領域を抽出し、最高速度標識を検出する手順について説明する。

図1の入力画像に対して、判別分析法を用いて画像の2値化を行うと図2となる。以下では、白い領域を対象としている。

次に、この2値化された画像において、白い領域に囲まれた80画素未満の黒い領域(穴)を白くする⁽¹⁵⁾。こうすることにより穴のない領域の面積が計測でき、真円度を調べることができる。これが図3である。

そして、100画素以上500画素以下の面積を持つ領域以外を除去する⁽¹⁶⁾と図4のようになる。ここで、もし全てのものが除去されたならば最高速度標識は、その画像には存在しなかったと見なす。

図4の画像に対して各領域の真円度を求める。本手法では、重み付け定数kを用いた真円度 ρ_D を使用する。

$$\rho_D = 4 \pi k \times (\text{面積}) / (\text{周囲長})^2 \quad (1)$$

ただし、 $k = 1/1.21$ ⁽¹⁷⁾とし、周囲長は各領域のエッジ画像の画素数とする。この真円度の範囲が $1 < \rho_D < 1.2$ で、最大面積を持つ領域を最高速度標識の抽出領域と見なすこととし、その面積以外の値を持つものを除去する⁽¹⁸⁾。図5がその結果で、これで抽出領域の候補が決定する。

抽出領域の候補から最高速度標識を検出するには、図5と図1の入力画像の反転画像との論理積を取ることできる。これが図6であり、反転画像から速度標識の数字を含む赤い領域に囲まれた部分の標識が切り出されている。

2.2 最高速度の識別

ここでは、2.1で検出された標識から数字領域を切り出し、パターンマッチングによる最高速度の識別手順を示す。

2.2.1 数字領域の切り出し

まず、図7に示すように、図6の検出された標識に接する長方形の左上隅の点 $P_0(x_0, y_0)$ 、右上隅の点 $P_1(x_1, y_1)$ より、点 $P((x_0+x_1)/2, y_0+1)$ を求める。そして、図6の点 P の濃度値を調べ、その濃度値で抽出領域以外を埋める。こうすることによりSPICCA-IIの判別分析法を用いて図8のように数字領域とそれ以外を分けることができ、数字領域を切り出せる。

2.2.2 パターンマッチングと識別

既に報告したマッチング処理⁽¹⁹⁾では、15回に分けてマッチングを行っていたため処理速度が約55秒とかがかっていたが、以下に示す方法で、マッチング処理を1回にすることにより処理速度を約6秒にあげることができた。

まず、図8の切り出した数字をパターンマッチングにより識別するために、参照パターンを作成しておく。ただし、処理スピードと認識率を上げるために数字の10の位だけのマッチングを行うこととする。

任意の時速30、40、50kmの最高速度標識を一つずつビデオカメラで取り込み、手作業によりそれらの標識の抽出領域の面積がそれぞれ1265画素に等しくなるように標識を拡大・縮小し、各数字の10の位の領域を切り出す⁽²⁰⁾。その後、各抽出領域に接する長方形の左上隅を基準点として、図9のように45個のパターンを左右3画素、上下5画素の範囲で1画素ずつずらして並べ、画像メモリへ記録しておく。これが参照パターンとなる。

次にパターンマッチングについて述べると以下のようなになる。参照パターンを含んでいる抽出領域の面積に図5の抽出領域の面積が等しくなるようにその倍率を求める。この倍率により図8の切り出された数字を予め求めていた点 P_0 を基準にアフィン変換を用いて拡大・縮小する。そして、その数字を図10のように参照パターンとマッチングが取れるように45個並べる。この図10が対象パターンとなる。次に、図9と図10の画像の論理積をとると図11のようになり、各数字毎に重なった部分の面積を求めていく。ここで、この重なった面積のことを重なり面積、参照パターンの面積を参照パターン面積と呼び、

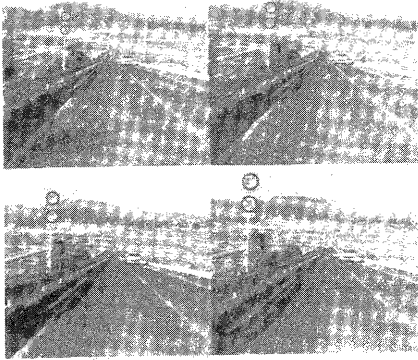


図1 入力画像

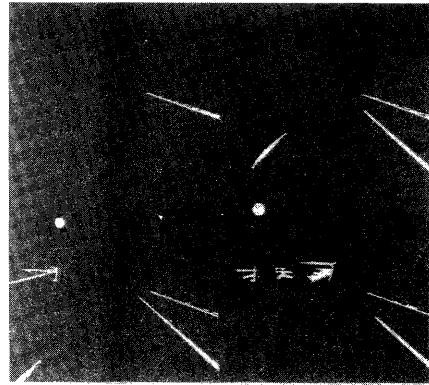


図4 面積によりしぼられた領域

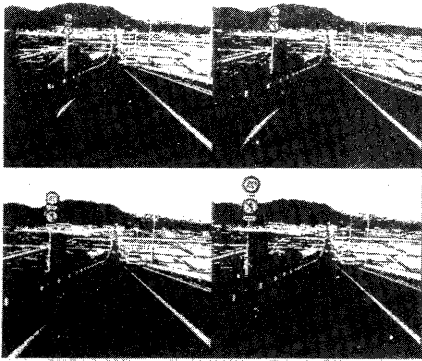


図2 2値化された画像

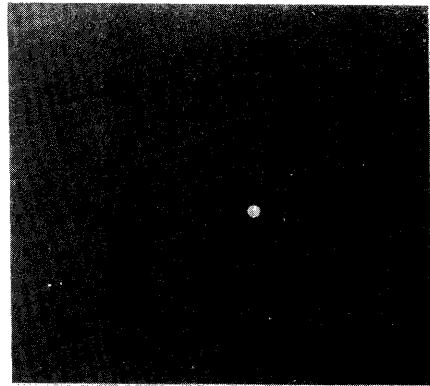


図5 真円度により抽出された領域

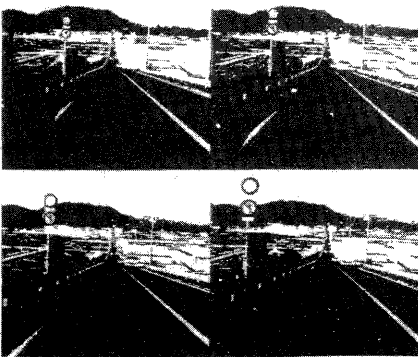


図3 穴埋め処理後

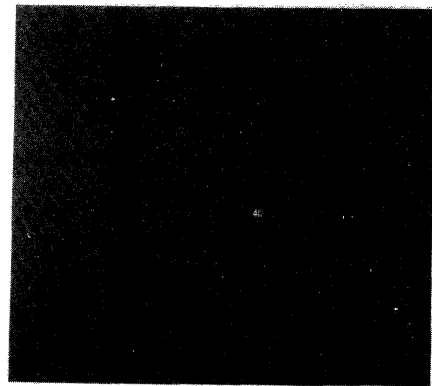


図6 検出された標識

$$\text{一致面積比} = \text{重なり面積} / \text{参照パターン面積} \quad (2)$$

で表すこととする。この一致面積比が、設定範囲内（50%以上100%未満）⁽⁸⁾で最大となる数字が求める最高速度となる。しかし、設定範囲外であれば最高速度標識は入力画像中には存在しなかったと見なす。以上述べた処理手順を図12に示す。

3. 実験

ここでは、実験により本手法の有効性と問題点を明らかにする。

3.1 実験の使用装置と画像メモリへの取込み方法

入力画像は、道路を走行する車上にビデオムービーを固定し、記録したものを再生し、画像処理装置の画像メモリへ取り込んだものである。ここで、使用した画像処理装置はSPPICA-II（日本アビオニクス

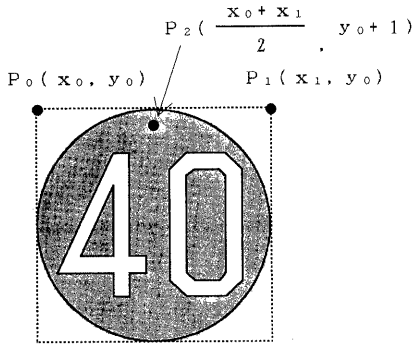


図7 図6における各点の位置

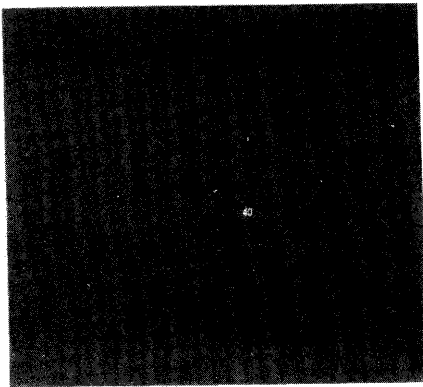


図8 切り出された数字

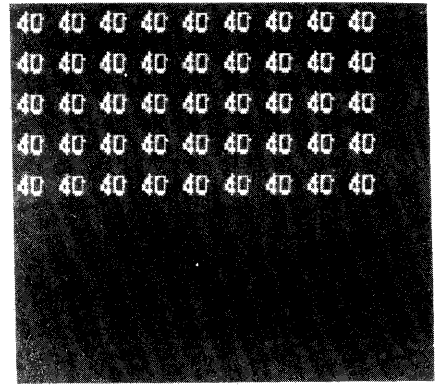


図10 対象パターン

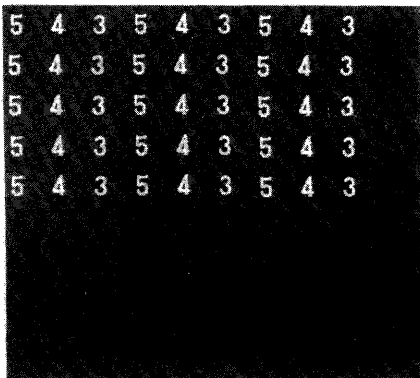


図9 参照パターン

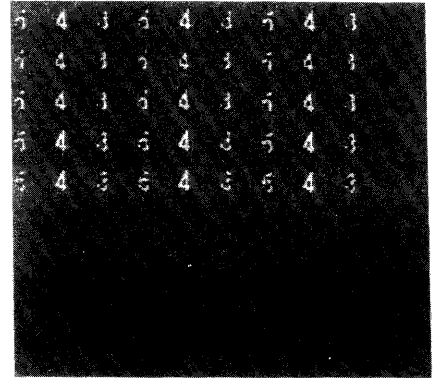


図11 マッチング結果

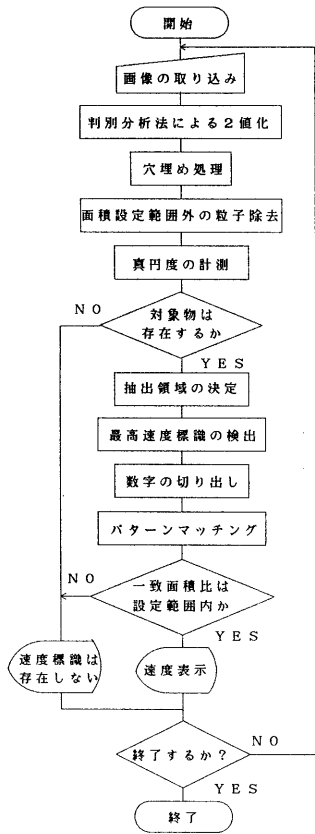


図12 本手法の処理手順

株式会社)^{(9)・(10)}、ビデオムービーはBR-S20(日本ビクター株式会社)、使用ビデオテープはS-VHS-C、ビデオ信号からR.G.B.Y信号に復調するデコーダはED-1000(株式会社フォトロン)である。道路情景撮影時のビデオムービーの設定は、オートフォーカス、自動露出、焦点距離は9mm、標準モードであった。また、各入力画像は各々一定時間(5/30秒)毎に取り込んだもので、その1/4画面は各々256×240画素である。さらに、実験で使用した言語はC言語である。

3.2 実験結果と検討

本実験の予備実験として、撮影したビデオ映像に対して本手法を一通り適用した。これより、カメラに対して逆光となる場合、標識が他のものの影に入っている場合、標識の一部に影が映っている場合、標識の色

がはげて薄くなっている場合に対しては、本手法の適用はあまり有効でないことが分かった。

実験では、北北東に向かう道路と西に向かう道路で、最高速度標識が存在するそれぞれ3箇所の範囲で日時時間を変え7回のビデオ撮影を行い、そのビデオ映像を利用した。それぞれ3箇所の情景を図13(a)~(f)に示す。そして処理対象とする画像は、映像を取り込んだ画像に最低限、最高速度標識が存在する適当なタイミングで、画像処理装置の画像メモリへ取り込むこととした。ただし、雨天の場合は現状のビデオムービーでの撮影は不可能なので、撮影および実験は行っていない。

同日同時刻における図13(a)~(f)の画像に対する識別実験結果を表1に示す。次に、図13(b)の標識に対して、天候及び日時を変えた場合の実験結果を表2に示す。また、図13(f)の標識に対して、天候及び日時を変えた場合の実験結果を表3に示す。ここで、対象画像は表の上(case1)から下へ天候の良い順番に並べてあり、また、表中の試行回数とは実験者が同じビデオ映像に対して画像処理装置に取り込んで処理実験を行った回数である。さらに、本手法を用いての処理時間は平均約2.9秒であった。

表1の結果において、50の標識で誤識別が多くなっているが、これは50の数字を30と誤判断したものである。

表2の結果において、case6(曇り、14:00)が失敗した理由は、空が白い雲で覆われ、遠くの山などに霞がかかっている画像全体における標識の輝度が低くなったためである。

表3の結果において、case1(晴れ、11:30)はカメラに対して太陽光線がほぼ横からあたっていたため、さらに、case3(晴れ、10:30)は空がほとんど雲に覆われていたため標識部分の輝度が低くなり、表2に比べて成功率が下がっている。そして、case2(晴れ、14:00)はビデオムービーに対して逆光であったため成功しなかった。また、case4(曇り、10:00)は薄曇りで日差しが若干あったために成功率がよくなった。さらに、case5(曇り、10:00)は空が白い雲で覆われていたため、case6(曇り、14:00)は空が白い雲で覆われていて遠くの山などに霞がかかっていたため、標識部分の輝度が低くなり成功しなかった。

表1、2、3の結果と予備実験を含めて評価すると、北北東に向かう道路の最高速度標識については、背景の山々に霞がかかった曇りの場合を除いて本手法が有効であり、また、西方に向かう道路では、逆光でなく

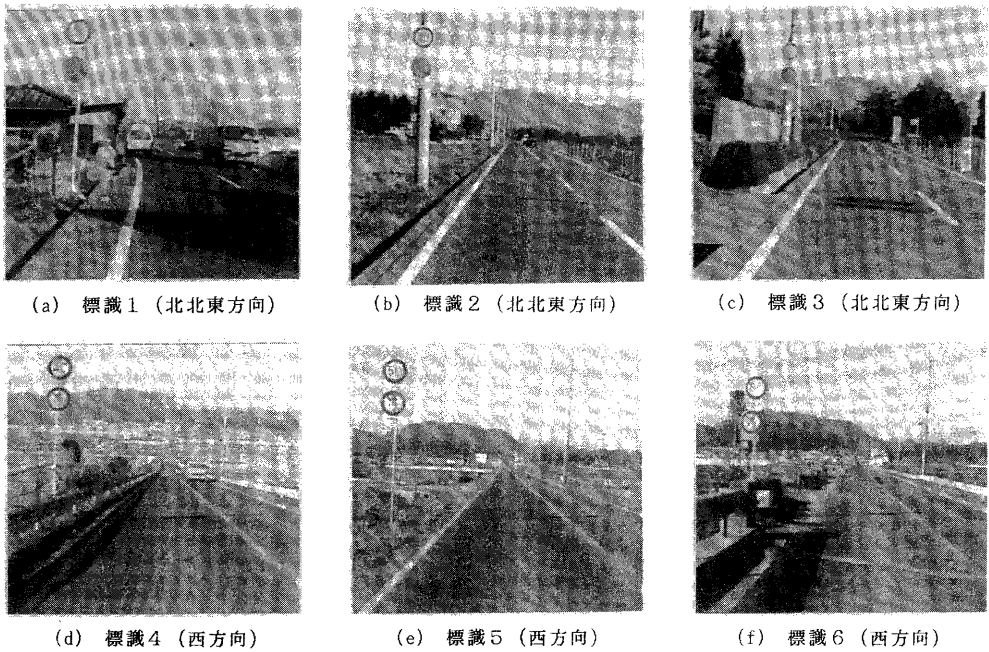


図13 実験で用いた最高速度標識

表1 図13(a)~(f)の標識に対する識別実験結果
(11月15日,9:30,晴れ)

対象画像	試行回数	成功率 (%)	失敗率 (%)	
			標識なし	誤識別
図(a) (40)	50	100	0	0
図(b) (40)	100	100	0	0
図(c) (40)	50	94	2	4
図(d) (40)	100	92	8	0
図(e) (50)	100	88	1	11
図(f) (50)	50	78	4	18

(40), (50)は各々40,50km/hの標識を表している

表2 天候及び日時が異なる場合の実験結果 (対象標識は図13(b), 試行回数各50回)

対象画像	天候	測定日付	測定時間	成功率 (%)	失敗率 (%)	
					標識なし	誤識別
case1	晴れ(快晴)	11.21	11:30	100	0	0
case2	晴れ	10.23	14:00	100	0	0
case3	晴れ(少し雲有り)	10.23	10:30	100	0	0
case4	曇り(薄雲り)	10.30	10:00	100	0	0
case5	曇り(白い雲多し)	10.28	10:00	96	0	4
case6	曇り	10.30	14:00	0	100	0

注) 対象画像は上 (case1) から天候の良い順番にならべてある。

表3 天候及び日時が異なる場合の実験結果 (対象標識は図13(f), 試行回数各50回)

対象 画像	天 候	測定 日付	測定 時間	成功率 (%)	失敗率 (%)	
					標識なし	誤識別
case1	晴れ(快晴)	11.21	11:30	72	6	22
case2	晴れ	10.23	14:00	0	100	0
case3	晴れ(雲多し)	10.23	10:30	54	18	28
case4	曇り(薄雲り)	10.30	10:00	92	6	2
case5	曇り(白い雲多し)	10.28	10:00	0	100	0
case6	曇り	10.30	14:00	0	100	0

注) 対象画像は上 (case1) から天候の良い順番にならべてある。

空にほとんど雲のない晴れの日について本手法が有効であり、さらに、同日でも撮影時間が違えば成功率も変わることから、時間による光のあたり方の違いの影響があることも分かった。しかし、山々に霞がかかっている場合、晴れていても空がほとんど雲でおおわれている場合、曇りの場合、標識が他のものの影に入っている場合、標識の一部に影が映っている場合、標識の色がはげて薄くなっている場合は、標識の白い領域の輝度が空等の輝度よりも低くなり、画像の取り込み後の2値化処理で標識は除去されやすく、最高速度標識は検出できなかつた。さらに、ビデオカメラに対して逆光となる場合は、標識の白い部分の輝度は低くなり2値化に失敗しやすい。これらは判別分析法の性質によるものである。この解決策としては、まず、標識より領域面積が大きい空等の領域を除いた後に本手法を適用する、或はカラー情報を利用する等のが考えられる。

また、検出された最高速度標識から数字の切り出しまでは成功しているが、速度の識別の時点で違う速度を表示する場合があった。これは、切り出された数字がすぎる、一部欠けている等の理由で、一致面積比が切り出された数字とは違う数字で識別されたためである。この間違いはほとんどすべて50の切り出された数字を30と識別するものであった。この解決法としては、切り出された数字の修復、参照パターンの改良等が考えられる。

4. むすび

本論文では、道路情景濃淡画像から最高速度標識を検出し、最高速度を識別する手法を説明し、実験により本手法の検討を行った結果について報告した。

本稿で明らかになった点は、以下の通りである。

- (1) 北方向へ向かう場合は、背景の山々に霞がかかった曇りの天候の場合を除いて有効である。
- (2) 逆光を除いて、西方向へ向かう場合は、雲がほとんどない暗の天候においては有効である。さらに、時間による光のあたり方の違いが本手法に影響することが分かった。
- (3) 本手法は、判別分析法を用いているため、逆光の場合、標識が他のものの影に入っている場合、標識の一部に影が映っている場合等については、最高速度標識の検出は失敗しやすい。
- (4) 50の速度数字の識別処理で間違った識別をする場合がある。
今後の課題は、以下の通りである。
- (1) 曇りの天候等に対する検討。
- (2) 逆光に対しての解決策の検討。
- (3) 数字の修復方法、参照パターンの改良等の数字の識別方法の検討。

謝辞 日頃、何かとお世話になっている神戸大学工学部前川禎男教授、そして、実験等に協力頂いた本校学生泉洋一君に感謝します。

参考文献

- (1) 中嶋正之、盧石鎔、安居院猛：“矢印に注目した道路案内標識の切り出し”，1990年信学春季全大，D-552(1990-03)。
- (2) 塩昭夫：“情景中文字の検出のための動的2値化処理法”，信学論(D)，J71-D, 5, pp.863-873(1988-05)。
- (3) 大谷淳、塩昭夫：“情景画像からの文字パターン抽出と認識”，信学論(D)，J71-D, 6, pp.1037-1047(1988-06)。

- (4) 高橋裕子, 橋本昌明, 塩昭夫, 石井健一郎: “環境変動に安定な文字抽出のための2値化法”, 信学技法, PRU91-49(1991-07).
- (5) 佐藤博, 袖山忠一: “共役直径に着目した楕円検出”, 1989信学春季全大, D-529(1989-03).
- (6) 渡並智, 恩田邦夫, 青木由直: “情景画像中の円形交通標識検出の手法について”, 1989信学春季全大, D-532(1989-03).
- (7) 藪木登, 三木成彦: “道路情景中の速度標識からの速度数字の切り出しと識別”, 平成2中国連大, 082307(1990-10).
- (8) 藪木登, 三木成彦: “道路情景画像中における制限速度識別の手法について”, 津山高専紀要, 28, pp.1-9(1990).
- (9) 日本アビオニクス株式会社: “TVIP-5100(SPICCA-II)コマンド説明書”, 日本アビオニクス(1987).
- (10) 藪木登, 三木成彦: “画像処理システムSPICCA-IIについて”, 津山高専紀要, 27, pp.19-27(1989).