

컴퓨터 畫像處理를 이용한 차량번호판 抽出방법

(An Extraction Method of Car Number Plates by Computer Picture Processing)

崔亨振*, 吳永煥**, 安居院 猛*, 中島 正之*

(Hyung Jin Choi, Yung Hwan Oh, Takeshi Agui
and Masayuki Nakajima)

要 約

컴퓨터 畫像處理의 手法를 이용해서 자동차 번호판의 領域을 抽出하는 한 방법에 대해서 논한다. 파라미터平面 領域制限을 한 Hough 變換을 본 논문에서 제안한다. 파라미터平面 領域制限 Hough 變換에 의해, 종래의 Hough 變換의 문제점인 메모리 量과 處理時間이 대폭 삭감되어진다. 그 외에 자동차 번호판이 가지고 있는 특징 등을 이용함으로써 번호판의 領域을 抽出해 낼 수 있다.

Abstract

Using computer picture processing, a method of extracting the region of a car number plate is described.

A modified Hough transformation, in which parameter plane is restricted, is proposed. The demerits of Hough transformation, i.e., it requires much computation time and storage capacity, are reduced by this method. Further, taking the features of a car number plate into consideration, the region of a car number plate is extracted.

I. 序 論

컴퓨터 畫像處理의 手法를 이용해서, 유료도로나 주차장의 요금소를 통과하는 자동차의 번호판 위의 차량번호를 認識해 기록하는 시스템의 검토를 하고 있다. 본 논문에서는 우선 그 첫 단계로 자동차 번호판의 領域을 抽出하는 한 방법에 대해서 기술한다.

현재까지 행하여진 文字領域 抽出法에 관한 연구는, 文書에서의 文字領域 抽出法과 自然畫像에서의 文字領域 抽出法으로 크게 나눌 수 있다. 前者에는 新聞이나

書籍 등을 대상으로 한 연구가 있으며^{1)~4)} 이는 흰 바탕에 검은색의 文字가 존재하고 있는 점과, 文字가 다수 존재해 文字列을 구성하고 있는 점을 이용하고 있다. 이 때문에 검은 畫素(pixel)만에 착안해서 文字列을 檢出하는 手法과, 文字列 pitch에서 文字 사이즈를 추정해 文字領域을 잘라 내는 手法이 주로 사용되어지고 있다.

後者에는 畫像에 대해서 微分處理를 행한 뒤 threshold 값에 의한 2值化 處理를 행하여 미리 주어진 文字 사이즈에 관한 지식을 이용해 특징의 文字領域을 抽出하는 방법^{5)~7)}이 있다. 그리고 局所的 2值化⁸⁾를 이용해 領域分割에 기준하여 文字 候補領域을 抽出하는 방법⁹⁾도 제안되어 있다.

車兩番號 抽出은 후자에 속하지만, 이 연구는 거의 행해지지 않았다.¹⁰⁾ 그래서 필자들은 자동차의 後面像(rear view)에서 車兩番號를 抽出하는 手法을 제안

*非會員, 日本 東京工業大學 工學部
(Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology, Japan)

**正會員, 韓國科學技術大學 電子電算學部
(Korea Institute of Technology)

接受日字: 1986年 7月 21日

했다.¹⁾ 이 手法는 자동차를 後方에서 撮影한 畫像에서 자동차의 橫과 縱의 中心軸을 抽出함으로써 번호판의 中心點을 결정했다. 그 밖에 자동차 번호판이 가지고 있는 특징을 이용해 번호판의 領域을 抽出했다. 그러나 번호판이 後面像의 중심 부근에 붙어있지 않은 자동차의 경우에는 이 手法로 번호판 領域을 추출하는 것이 곤란했다. 그리고 자동차의 後面像을 사용했기 때문에 車體의 색이 번호판의 색과 同系列의 색일 경우에도 번호판 領域을 抽出하는 것이 곤란했다.

그래서 본 논문에서는 자동차를 前方에서 撮影한 畫像에서 垂直線과 水平線에 둘러 싸인 자동차 번호판의 領域을 抽出하는 方法을 제안했다.²⁾

본 方式에서는 자동차의 前面像(front view)을 撮影한 畫像에서 컴퓨터를 사용해 直線群을 抽出하였으며, 파라미터平面領域制限을 한 Hough 變換을 사용했다. 파라미터平面 領域制限을 한 Hough 變換에 의해, 종래의 Hough 變換의 문제점이던 메모리(memory) 量과 處理時間이 대폭 삭감되었다. 그 밖에 다음에 서술하는 바와 같은 자동차 번호판이 가지는 특징을 이용함으로써 번호판의 領域을 抽出해 낼 수 있다. 본 수법에서는 자동차의 前面像의 중심 부근에 번호판이 있지 않은 경우에도 번호판 領域을 抽出하는 것이 可能하다.

II. 자동차 번호판의 특징에 대해서

자동차 번호판의 특징에는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 자동차 번호판의 크기와 書體가 規格化되어 있다. 일본을 예로 들면 번호판은 橫과 縱의 길이의 比率는, 그림 1과 같이 2 : 1이다. 하이픈(hyphen)의 길이를 A라고 하면 번호판의 한 數字의 선의 굵기는 (2/3) A이고, 한 숫자의 幅 B 높이 C는 각각 2A, 4A이고, 또 數字 左右 空白의 폭 E는 (2/3) A이다.
 - (2) 자동차를 前方에서 보면 번호판은 자동차 높이의 1/2 보다 아래에 있다.
 - (3) 번호판의 edge 부분에서 밝기가 급격히 변화하고 있다.
 - (4) 자동차의 前面像에는 일반적으로 水平 edge 성분은 많이 포함되어 있지만 垂直 edge 성분은 거의 포함되어 있지 않다.
- 이와 같은 4 가지의 특징을 이용해 번호판 領域을 抽出한다.

III. 前 處 理

샘플 畫像은 대상이 되는 자동차의 前面像이 畫像의 대부분을 차지하도록 자동차의 正面에서 비디오 카메라로 撮影한 것을 이용한다. 샘플 畫像을 橫 256×縱 240畫素, 흑백 256段階로 컴퓨터에 入力해, 이 畫像을

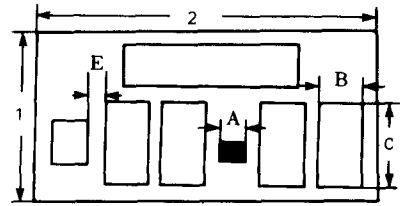


그림 1. 자동차의 번호판
Fig. 1. Car number plate.

原畫像이라 한다.

前處理로서는 原畫像의 edge 성분과 線 성분을 檢出하기 위해서 3×3의 마스크(mask)에 의한 Sobel 變換을 행한다. 그림 2 중의 기호는 3×3 마스크 내의 각 畫素의 밝기를 표시한다.

A	B	C
D	E	F
G	H	I

그림 2. 마스크 내의 밝기
Fig. 2. Brightness of each pixel of the mask.

式(1)은 그림 2의 3×3 마스크 내의 中央畫素를 注目畫素로 한 Sobel 變換이다. 3×3 마스크를 畫像의 raster scan 方向으로 走査한다. 式(1)에서 구해진 값 f(E)가 새로운 E의 값이 된다.

式(1)의 ΔX는 垂直方向의 境界成分을 檢出하며, ΔY는 水平方向의 境界成分을 檢出하는 演算子다.

$$f(E) = (\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}) / 2 \tag{1}$$

여기에서, ΔX와 ΔY는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta X = (A + 2D + G) - (C + 2F + I)$$

$$\Delta Y = (A + 2B + C) - (G + 2H + I)$$

Sobel 變換 後의 畫像을 2值化한다. 2值化의 threshold는 실험 결과에 의해 그 段階 이상의 밝기를 가지는 畫素數가 全畫素數의 7%에 가장 가까운 값이 되도록 결정했다.

번호판의 edge 부분에서 밝기가 급격하게 변화하고 있기에, Sobel 變換과 2值化 處理를 행하여도 번호판의 edge 부분 境界線은 그대로 檢出될 수 있다.

IV. Hough 變換과 파라미터平面 領域制限 Hough 變換

Hough 變換^{11) 13)}은 直線, 円, 楕円 등의 파라미터로 표현된 圖形의 패턴(pattern) 특징 抽出의 有力한 방법의 하나로 여러가지 畫像에 대해 사용되어 왔다. 최근에는 任意형상 圖形을 檢出하는 일반 Hough 變換¹¹⁾도 제안되어 있고, 3次元 물체의 위치 결정에도 응용되어지고 있다.

그러나 이 手法에는 실용상 아래와 같은 문제점이 있다.

(1) 畫像 중의 각 edge 點에 대해서, 파라미터平面에 각각의 軌跡를 그리기 때문에 處理時間이 많이 걸린다.

(2) 檢出 精確도를 높이면, 파라미터平面을 記憶하는 메모리가 팽대해 진다.

(3) 畫像 중에 多數의 圖形이 동시에 존재할 경우에는 多數의 圖形을 동시에 檢出하는 것이 곤란하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서, 파라미터平面의 θ 軸과 ρ 軸의 2次元 配列을, θ 軸만을 사용한 1次元 配列로 代用하는 方法이¹⁴⁾ 있다. 그리고 Hough 變換의 幾何學的 性質을 이용한 直線群 檢出 알고리즘¹⁵⁾이 제안되어 있다.

본 논문에서 제안하는 파라미터平面 領域制限 Hough 變換에서는, 檢出하는 直線의 方向이 미리 限定되어있다고 假定한다. 그 경우 각 edge 點에 대해서 파라미터平面에서의 軌跡를 限定되어진 範圍내의 부분만을 그리는 方式이다. 이 방식에 의해 필요로 하는 메모리량과 處理時間이 대폭적으로 감소된다.

1. Hough 變換

Hough 變換에 의한 直線 檢出의 기본 원리는 아래와 같다.

(1) 原畫像에 Sobel 變換을 행한 뒤, 2值化 한다. 그림 3 (a)와 같이 2值化하여 얻어진 edge 點을 $P_i (X_i, Y_i)$ 라고 한다.

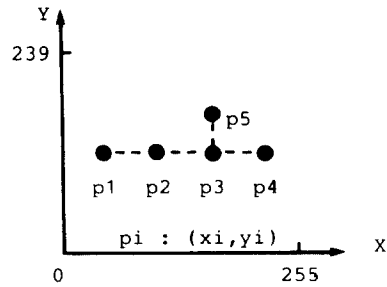
$$P_i : (x_i, Y_i) \quad (i=1, 2, \dots, 5) \quad (2)$$

式(3)에 각 edge 點의 座標值를 代入해 파라미터平面 위의 軌跡를 그리면 그림 3 (b)와 같이 각 edge 點에 대해 한개씩의 곡선이 된다. 각각의 軌跡를 S_i 라고 한다.

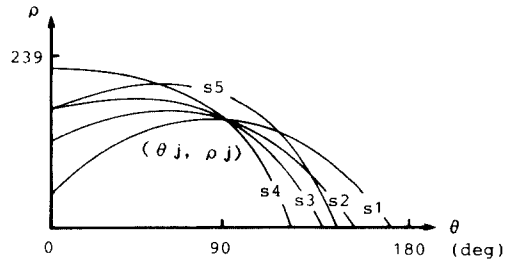
$$S_i : \rho = X_i \cdot \cos \theta + Y_i \cdot \sin \theta \quad (i=1, 2, \dots, 5) \quad (3)$$

(2) X-Y平面 상에서 同一直線 위에 두 點이 있다고 하면 그림 3 (b)와 같이 파라미터平面 위에서 軌跡는 단 한번 交叉한다.

X-Y平面 상에 直線 成分이 있다고 하면 그림 3 (b)와 같이 파라미터平面 상에 軌跡의 집중점이 생긴다.



(a) X-Y plane



(b) Parameter plane

그림 3. X-Y平面과 파라미터平面
Fig. 3. X-Y and parameter planes.

여기에서 軌跡가 가장 집중해 있는 點 (θ_j, ρ_j) 에 對應하는 X-Y平面 상의 直線을 구하는 直線이라고 한다. 실제로는 軌跡의 累積度數의 threshold를 결정함으로써 直線의 檢出을 행한다.

(3) 파라미터平面 상의 한 點은 X-Y平面 상의 한 直線에 對應하므로 구하는 直線의 方程式은 式(4)과 같다.

$$Y = -(X \cdot \cos \theta / \sin \theta) + (\rho_j / \sin \theta) : (\theta \neq 0)$$

$$X : \rho_j, (\theta = 0) \quad (4)$$

2. 파라미터平面 領域制限 Hough 變換

파라미터平面의 θ 軸은 한 눈금이 1度로서 分割數를 K, ρ 軸은 한 눈금에 1畫素로서 分割數를 L이라고 하고 1點을 1 바이트(byte)로서 표현한다. 그러면 領域制限을 하지 않은 Hough 變換은 필요로 하는 메모리량이 $K \times L$ 바이트가 된다. 그리고 edge 點의 數를 N이라 하면 각 edge 點에 대해서 式(3)을 K회 計算해야 하므로 總計算回數는 $N \times K$ 회가 된다.

여기에 제안하는 파라미터平面 領域制限을 한 Hough 變換에는 파라미터平面 상의 θ 軸 方向에 領域制限을 해 K의 數가 감소하므로 處理가 高速化로 된다. 이 手法은 抽出대상 直線의 方向이 미리 限定되어 있을 경우에 특히 有效하다. 본 실험은 垂直線과 水平線에 둘러싸여 있는 자동차 번호판의 領域을 抽出하는 것이

目的이다. 그러므로 파라미터平面 상의 θ 軸의 $\theta=0$ 도가 原畫像의 垂直線에 對應하고, $\theta=90$ 도가 原畫像의 水平線에 對應하는 점에 착안한다. 畫像에 2~3度 정도의 기울기가 있을 경우를 생각해, 그림 3 (b)의 파라미터平面을 그림 4와 같이 θ 軸의 -3~3도의 領域과 87~93도의 領域만을 θ 軸의 領域으로 함으로써 垂直線과 水平線을 추출할 수 있다.

파라미터平面 領域制限한 Hough 變換에 필요로 하는 메모리 量과 總計算回數는, 領域制限을 하지 않은 Hough 變換의 8%로서 충분하다.

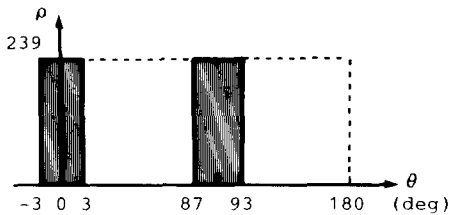


그림 4. 領域制限을 한 파라미터平面
Fig. 4. Restricted parameter plane.

V. 處理 例

垂直線과 水平線에 둘러 싸여 있는 자동차 번호판을 抽出한 결과를 아래에 보인다.

1. 垂直線과 水平線의 檢出

실험에는 52枚의 畫像을 사용했다. 승용차, 짐차, 봉고차, 번호판이 중심 부근에 있지 않은 봉고차의 4枚에 대해서 예를 든다. 이 4枚의 畫像의 撮影條件은 표 1과 같다.

표 1. 撮影條件

Table 1. Condition of photographing.

	차량 1	차량 2	차량 3	차량 4
차 종	승용차	짐 차	봉고차	봉고차
날 세	맑 음	흐 름	맑 음	흐 름

그림 5는 각각의 原畫像에 대해서 3x3 마스크에 의한 Sobel 變換을 행한 후 2值化한 것이다. 이것들을 2值畫像이라고 한다. 2值化의 threshold는 가능한 edge 點이 연속되도록 다소 낮게 결정했다. 실험에 의해 그段階 이상의 밝기를 가지는 畫素數가 全畫素數의 7%에 가장 가까운 값이 되도록 결정했다. 2值化 결정방식은 각종의 방식이 제안되어 있지만^{14,15}여

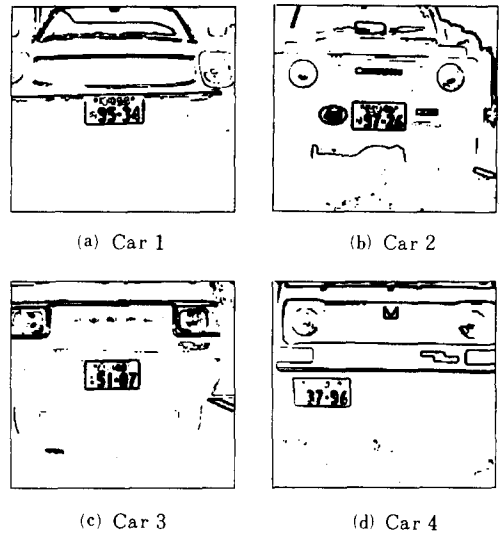


그림 5. 2值畫像
Fig. 5. Binary images.

기서는 가장 간단한 histogram을 이용하는 방식을 이용했다.

다음에 파라미터平面 領域制限 Hough 變換을 이용해 直線群을 抽出하는 방법에 대해 논한다. 각 edge 點을 $P_i(X_m, Y_n)$ 라고 하면, 式(6)을 이용해 파라미터平面에 대해서 軌跡을 그린다. 軌跡의 累積度數를 $S(\theta_n, \rho_n)$ 라고 한다. 번호판의 縱橫의 길이는 限定되어 있기 때문에 累積度數를 限定하는 條件을 얻을 수 있어 효과적인 抽出을 행할 수 있다. 구체적인 條件은 실험에 의해 式(7)과 같이 결정했다.

式(7)의 條件을 만족하는 (θ_n, ρ_n) 에 式(8)을 이용해 直線의 方程式을 구한다.

$$P_i : (X_m, Y_n) \quad (m=0, 1, \dots, 255) \quad (n=0, 1, \dots, 239) \quad (5)$$

$$\rho = X_m \cdot \cos \theta + Y_n \cdot \sin \theta \quad (6)$$

$$(\theta = -3, -2, \dots, 3, 87, 88, \dots, 93)$$

$$(\rho = 0, 1, \dots, 239)$$

θ 軸의,

$$0 \text{ 度附近} : 28 \leq S(\theta_n, \rho_n) \leq 45$$

$$90 \text{ 度附近} : 56 \leq S(\theta_n, \rho_n) \leq 90 \quad (7)$$

$$Y = -(X \cdot \cos \theta_n / \sin \theta_n) + (\rho_n / \sin \theta_n); (\theta \neq 0)$$

$$X = \rho_n \quad (\theta = 0) \quad (8)$$

그림 6은 4種類의 자동차에 대해서 抽出되어진 垂直線과 水平線을 각각의 2值畫像에 겹친 畫像이다.

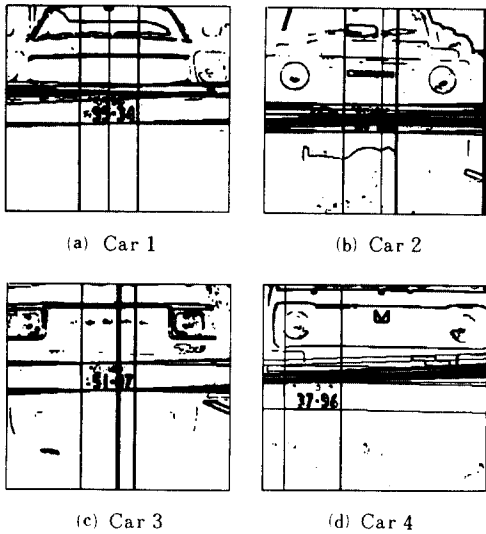


그림 6. 抽出되어진 垂直線과 水平線
Fig. 6. Extracted vertical and horizontal lines.

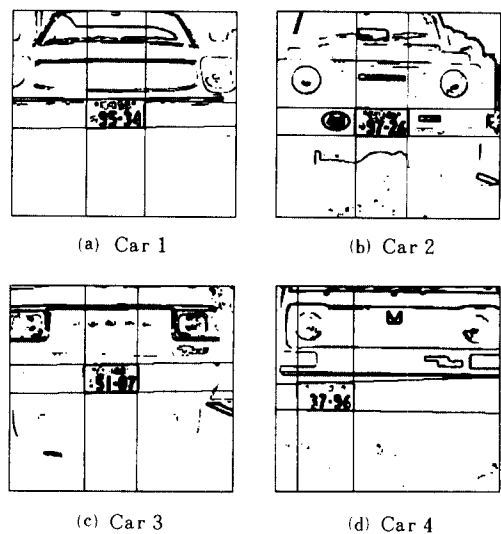


그림 7. 抽出한 4 개의 線
Fig. 7. Four extracted lines.

2. 자동차 번호판의 領域抽出

抽出되어진 垂直線과 水平線에서 자동차 번호판을 둘러싸는 2 개의 垂直線과 水平線을 탐색하는 방법에 대해서 논한다.

자동차의 前面像을 관찰하면 프런트 범퍼, 윈도우, 루우프, 번호판 등 일반적으로 水平 edge 成分은 많이 포함하고 있다. 그러나 垂直 edge 成分은 번호판의 垂直 edge 成分 이외는 거의 없다. 이 사실에 착안하여 번호판의 垂直線을 먼저 檢出한다. 파라미터平面 상에서 $\theta = -3 \sim 3$ 度の 範圍에서 거의 같은 정도의 累積度數를 가지는 2 點을 구한다. 이 2 點에 對應하는 X-Y 平面의 直線이 번호판의 垂直線이 된다.

다음에 2 개의 번호판의 垂直線 사이의 距離를 구한다. 그 밖에 번호판의 橫과 縱의 길이의 比率이 2:1 이라는 특징을 이용해 $\theta = 87 \sim 93$ 度 範圍내에서 번호판의 水平線을 抽出한다.

그림 7 은 4 種類의 자동차에 대해서 抽出한 번호판의 垂直線과 水平線을 각각의 2 值畫像에 겹친 畫像이다.

다음에, 抽出한 2 개의 垂直線과 水平線으로 둘러싸여지는 領域을 2 值畫像에서 잘라 낸다. 그 예가 그림 8 이다.

VI. 결 론

본 논문에는 파라미터平面 領域制限 Hough 變換을 제안해, 處理의 高速化를 실현했다. 그 밖에 자동차 번호판의 특징을 이용해 자동차의 번호판 領域을 抽出

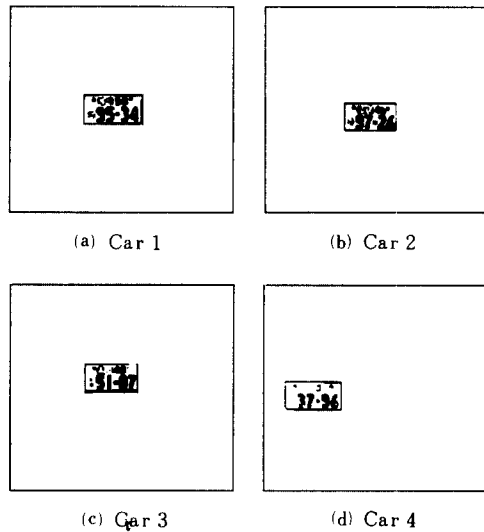


그림 8. 抽出例
Fig. 8. Results of extraction.

하는 한 手法에 대해서 논했다. 본 수법은 자동차의 前畫像이나 後畫像에 관계없이 중심부근에 번호판이 있지 않는 경우에도 적용 可能하다. 그리고 前面像의 畫像을 이용하기 때문에 번호판과 同系列색의 車體일 경우에 前面像에는 프런트 범퍼나 밑부분에 번호판이 붙어 있는 경우가 많아, 同系列색이 되지 않는 경우가 많기 때문에 번호판 抽出이 後面像 보다 유리하였다. 이 실험에 사용한 자동차의 攝影條件은 맑은 날씨와

흐린 날씨이며, 撮影時間은 아침부터 저녁까지이다.

그리고 52枚의 샘플 畫像 중에서 번호판 領域이 抽出 가능한 것은 37枚의 畫像이었다. 나머지 중에서 6枚는 그림 9와 같이 번호판의 일부에 그늘이 있는 경우였으며, 9枚는 그림 10과 같이 번호판과 車體가 同系列색의 경우였다.

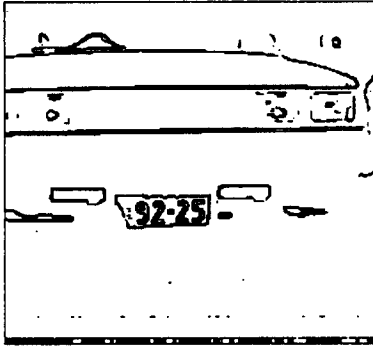


그림 9. 그늘이 있는 경우
Fig. 9. Case of a shadowed number plate.

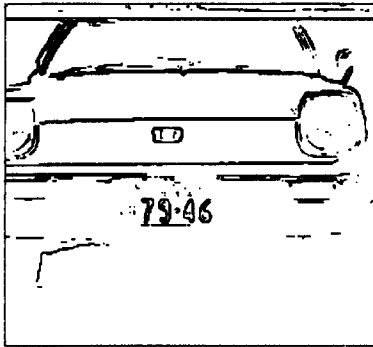


그림 10. 同系列색의 경우
Fig. 10. Case of the similar colors.

그리고 컴퓨터는 VAX 11/750를 사용했고, 언어는 C언어를 사용했다. 處理時間은 1枚의 畫像에 대해서 약 4분이었다.

앞으로의 계획은 야간이나 비가 오늘날 그리고 번호판의 일부에 그늘이 있는 경우, 더럽혀져 있는 경우, 번호판이 變形되어 있는 경우 등의 檢討를 할 예정이다.

參 考 文 獻

- [1] 秋山, 内藤, 増田: “非接觸文字優先切り出しによる印刷物からの文字切り出し法”, 信學論 vol. J67-D, no. 10, pp. 1194-1201, 1984.
- [2] 馬場口, 塚本, 相原: “手書き日本文字列からの文字切り出しの基礎的考察”, 信學技報, PRL 82-5, 1982.
- [3] 中村, 鈴木, 南: “横書き日本語文書における個別文字の抽出”, 信學論 vol. J68-D, no. 11, pp. 1899-1909, 1985.
- [4] 星野(弘), 星野(吉): “雑音背景からの特定文字領域の抽出法”, 昭和58年度信學全大, 1152.
- [5] 塩, 齊藤: “情景畫像中の文字のための2値化法の検討”, 情處學會全國大會, 4N-1, pp. 1269-1270, 1985.
- [6] 大谷, 塩: “情景畫像中からの文字抽出法の検討”, 信學技報, PRL 85-73, 1986.
加藤 健司: “車番自動讀取装置における文字領域抽出法”, 昭和61年度信學全大, 1352.
- [8] 安居院, 崔, 中嶋: “リアビューからの車兩番号抽出法”, 昭和60年度情報・システム部門信學全大, 115.
- [9] 安居院, 崔, 中嶋: “ハラメータ平面領域制限 Hough 變換を用いた車兩番号抽出法”, 昭和61年度信學全大, 1631.
- [10] 松山, 長尾: “Hough 變換の幾何學的質と直線群檢出への應用”, 情報處理學會論文誌, vol. 26, no. 6, pp. 1069-1078, 1985.
- [11] R.O. Duda and P.E. Hart: *Use of the Hough Transformation to detect line and Curves in Pictures*. Comm. Acm, 15, 1, pp. 11-15, 1972.
- [12] D.H. Ballard: *Generalizing the Hough Transform to detect Arbitrary Shapes*, Pattern Recognition, 13, 2, pp. 111-122, 1981.
- [13] 奥水 大和: “直線ハターン檢出のための Hough 曲線追跡型アルゴリズムについて”, 信學論 vol. J68-D, no 10, pp. 1769-1776, 1985.
- [14] 青山, 棟上: “印刷樂譜の自動讀み取り”, 信學技報, PRL 82-5, 1982.
- [15] 大津 展之: “判別および最小2乗基準に基づくしきい値選定法”, 信學論 vol. J63-D, no. 4, pp. 349-356, 1980. *