

# Self-assessment of Sequence Image for Autonomous Vehicle Guidance and Human Driver Assistance

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード: 作成者: 権, 仁洙 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/16295">http://hdl.handle.net/2297/16295</a>

氏名	権 仁 洙
生年月日	
本籍	韓国
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第356号
学位授与の日付	平成12年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	Self-assessment of Sequence Image for Autonomous Vehicle Guidance and Human Driver Assistance (移動体の自動追尾とドライバ補助における連続画像からの自己評価に関する研究)
論文審査委員(主査)	藤原 直史(研究科・教授)
論文審査委員(副査)	神谷 好承(工学部・教授) 藤田 政之(工学部・助教授) 宮崎 猛(工学部・助教授) 関 啓明(研究科・講師)

## 学位論文要旨

A variety of tracking techniques for autonomous following vehicle have been proposed. These include techniques using a laser and corner cubes, color signal board, and a specific figure of a black regular square against white plane and so on. But these techniques can be applied to only vehicles equipped with those systems. Therefore, we suggest tracking the feature that is extracted from the target vehicle in order to apply to common vehicle. For autonomous following vehicle driving, there are two tasks of recognition and tracking process. In this report, we employ as tracking process the sequential feature tracking by normalized cross-correlation and as recognition process its interpretation by neural network. And we use the license plate on the target vehicle as tracking feature, since it has clearer features than any others of vehicle. The correlation values between the fixed template image and the comparing images become lower, as their size differences grow bigger. In order to cope with this, we suggest a method that switches a template image instead of a fixed template. The license plate can be tracked by correlation continuously with template switching method, but the differences from the target image occur. To correct these differences, this system makes use of the characters obtained by neural network. And we also measured the position and orientation of target vehicle with stereo vision. The effectiveness of this system was shown by the experimental results.

## 第1章 緒言

近年、自動車の走行制御に関する研究が盛んである。走行制御にはコースの検出、それに沿ったコース走行、目標車両からの距離及び姿勢の計測による目標車両の追尾

走行などがある。特に追尾走行は様々な場所に利用価値がある。これまでの追尾走行には、レーザを用いる方法、目標車両に既知図形を貼って既知図形の固有情報を利用する方法等様々な方法が提案されている。しかし、レーザを用いる方法は高価で目標車両の判別が困難であり、既知図形を用いる追尾走行はあらかじめ目標車両に特定の既知図形を取り付ける必要がある。そこで、安価で汎用性を持つ追尾システムを開発するため、本研究では目標車両のナンバープレートに着目し、それを用いる手法を提案する。この手法はトラッキング部、認識部、補正部、計測部で構成されている。トラッキング部では目標画像を追尾し、認識部ではトラッキング部で追尾している画像が目標ナンバープレートであるかどうかを判別する。そして、補正部では認識部から得た情報を基にそれに応じた大きさの画像をトラッキング部の参照画像として用意する。また、計測部では認識部から得た文字の位置情報を用いて相対距離と相対方向角を算出する。さらに実験により提案手法の有効性について検討する。

## 第2章 トラッキングと認識

本研究では移動している目標車両を常に追尾するため相関を用いる。トラッキング部では目標車両の特徴領域を相関のテンプレートとして用意する必要がある。ナンバープレートは寸法が定められているので、事前情報として扱いやすいし、他の部分と比べて高いコントラストを持っている。そこで、本研究では目標車両のナンバープレートに注目し、それを目標車両の特徴領域とすることを提案する。しかし、屋外環境では明るさの変化が激しくそれによる相関値の低下を避けられないので、環境の明るさの変化に対して比較的安定な正規化相関を用いる。認識部ではニューラルネットワークを用いて、ナンバープレートの初期認識と相関で検出したナンバープレートが目標画像かどうかの判別を行う。

## 第3章 ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークはナンバープレート内の文字認識と位置の検出に用いる。その手順は次ように述べられる。まず、ナンバープレートから文字を抽出するため前処理を行う。前処理は2値化、ノイズの消去、ラベリングの順に行う。ここで、2値化は背景の輝度の影響を受けにくく、より安定な領域分割を行うため、動的2値化方法を用いる。そして、ラベリングした塊を $16 \times 32$ サイズに正規化し、その画像から輪郭線を抽出する。このように得られた輪郭線をニューラルネットワークの入力データとして利用する。ニューラルネットワークの入力層は入力データと同じサイズである $16 \times 32$ 個、中間層256個、出力層10個と構成されている。本研究で用いるニューラルネットワークは、入力したパターンが数字であるとき、それが0から9までのどの数字であるかを識別する興奮性学習と入力されたパターンが数字であるかどうかを判断する抑制性学習の2つの機能がある。

## 第4章 SSM 法と補正

移動している目標車両の画像は相対距離と目標車両の相対姿勢の変化により、ナンバープレート画像の大きさや形が変わるので、このような変化に対応できる工夫が必要である。そこで、本研究では SSM 法(Sequential Switching Method)を提案する。SSM 法とは画像を撮り込む周期ごとに相関の比較対象となるテンプレート画像を切り替える手法である。さらに、この手法ではニューラルネットワークによるナンバープレートの文字の位置及び文字の認識を同時に行う。これによって、現在のナンバープレートの大きさや形がテンプレート画像に反映され、ナンバープレート画像と相関で検出された画像とのずれが補正される。トラッキングボックスのサイズはニューラルネットワークから認知された数字の位置関係を用いて調節する。

## 第5章 実験

### 5.1 ナンバープレートの追尾実験

ナンバープレートをトラッキングするとき、相関値に範囲を与え、MV-DJ1CCD カメラ用いてナンバープレート画像の大きさとその変形に関する余裕距離と余裕角度の評価を行った。

- 1) ナンバープレート画像の大きさの変化による実験を行った。実験によって相関値  $C_{ij}$  の下限値を求め、検出相関値を  $0.35 \leq C_{ij} \leq 1.00$  とした。
- 2) 計測距離精度は光学系の性能やズーム性能、そして画像ボードによるので、一意に決められない。そこで、本論文では目標車両との相対距離の代わりにテンプレート画面の大きさを用いて計測精度の評価を試みた。ナンバープレートを 0.5m ごとに移動させ、それぞれの画面上のナンバープレートを含む各画像を固定テンプレート画像として設定した。そして、これらの画像を前後に移動して検出できる範囲を調べた。
- 3) 角度に関してはそれぞれのテンプレート画像で実際のナンバープレートを回転して検出できる最大角度を調べた。
- 4) その結果、画像サイズによって対応範囲が異なり、テンプレートサイズが  $186 \times 94$  のときに最大距離 1.06m の余裕を持った。そして、最大余裕角度は  $33^\circ$  であった。計測可能なテンプレートサイズは  $316 \times 158$  から  $90 \times 62$  までであった。そして、実験で使っているカメラを用いた結果、計測可能な最大計測距離は 32m であった。

上記の実験は固定テンプレートで行った。しかし、このような固定テンプレートでは計測範囲に制限があるため、移動している車両をトラッキングし続けるのは困難である。そこで本研究で提案した SSM 法を用い、その有効性を次のような実験で確かめた。

各周期にテンプレート画像を切り替えて移動しているナンバープレートの追尾実験を行い、一回の取り込みのみで追尾可能なナンバープレートの画像の大きさを調べ

た. その結果, テンプレートの切り替えを用いたため, 画像の大きさが  $90 \times 62$  から  $316 \times 158$  までは常に追尾可能であった. また, ナンバープレートの回転に関しては追尾可能な範囲は  $-64^\circ$  から  $68^\circ$  までであった. 図 1 は SSM 法による実験結果である. 図 1 (a)(b)はそれぞれナンバープレートがカメラのレンズ面と平行の状態での追尾,

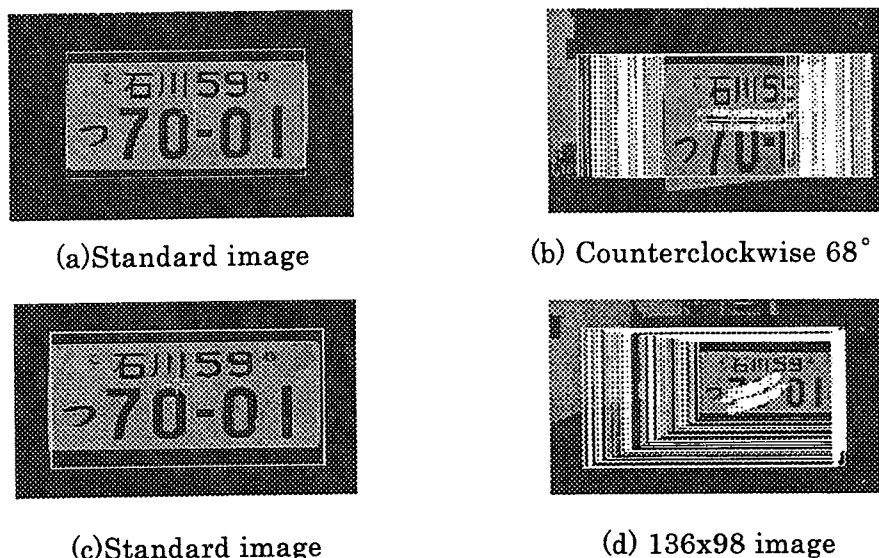
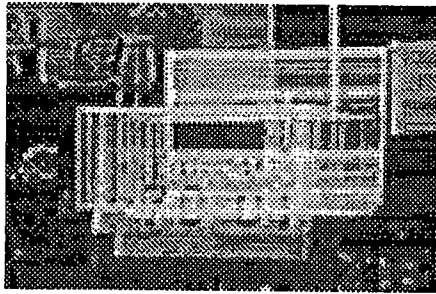


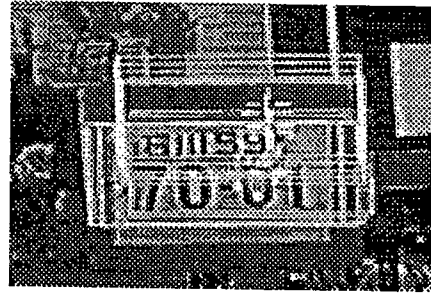
Fig.1 Tracking the license plate in case of leaning the license plate and in case of separating from the camera,

平行状態から  $68^\circ$  まで追尾した模様を表す. 図 9(c)(d)はそれぞれ大きさが  $316 \times 158$ ,  $136 \times 98$  のテンプレート画像を用いて追尾を行った模様である.

しかし, ナンバープレート画像の変形, サイズの変化, 周囲の明るさの変化により, テンプレート画像はナンバープレート画像からのずれが生じる. 図 2(a) はその様子を表している. そして, 各画像の撮り込み周期ごとに補正を行い, 位置修正されたテンプレート画像を用いて実験した結果を図 2(b)のように表した. 図 2(a)ではズレの累積によってナンバープレートの検出に失敗したが, 図 2(b)ではズレの累積を避けることができた. 本研究ではナンバープレート画像が大きければ大きいほど画面からはみ出しやすいことを考慮して, テンプレート画像サイズの最大値を  $316 \times 158$  に設定し, 文字の検出可能な画像サイズの最小値を  $78 \times 39$  として設定した. 画像上のナンバープレートを相関で検出するのに要する時間は, ウィンドウの大きさによって異なるが,  $90\text{msec} \sim 330\text{msec}$  程度である. 実験の結果, 目標物の特徴と相関を同時に用いることで画面上の目標物の大きさや角度の変化に対して常に追尾が可能になった.



(a) Before correction

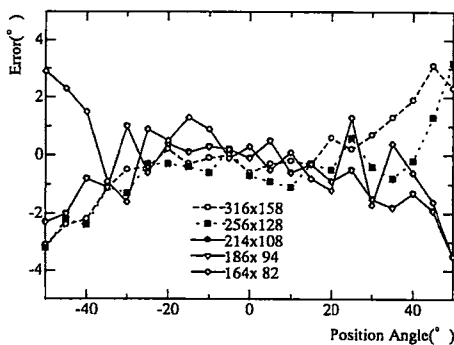


(b) After correction

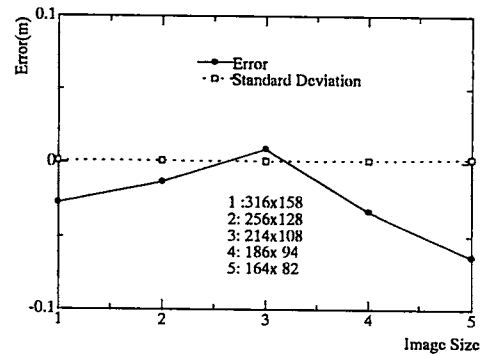
Fig. 2 Correction

### 5. 2 ステレオ視を用いた計測実験

方位角、各画面サイズに相当する計測距離誤差をそれぞれ図 3(a)(b)に示す。図 3(a)は方位角を $-50^\circ$  から $+50^\circ$  まで $5^\circ$  ごとに移動しながら計測したグラフである。計測結果から方位角の最大誤差は $5.6^\circ$ 、距離最大誤差は $0.064\text{m}$ であった。角度が大きいほど画像の変形が大きくなるので、方位角と姿勢角は角度が $0^\circ$  から離れるほど誤差も大きくなる。図 3(b)では $316 \times 158$  のとき $256 \times 128$  より誤差が大きくなるのは、文字重心の位置の影響が多く作用するためであり、カメラから離れるほど誤差が大きくなるのはノイズの影響が大きいからである。



(a) Position angle



(c) Distances

Fig.3 Errors measurement of position angle and distance

## 第6章 結 言

本論文では目標車両のナンバープレートを直接利用する追尾検出方法を提案した。その方法の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) 特別なマークなどを使わずに相関マッチング法を用いてナンバープレートの動きの同定が可能である。
- 2) ナンバープレートを用いることで、追尾対象が一般車両に拡大可能になった。
- 3) 1 サンプリングごとに比較する対象画面を切り替えるため、追尾中常に高い相関値で注視画像を検出できる。

- 4) ナンバープレートの画像上でのサイズに影響されない動的検出が可能である.
- 5) 相関対象物の特徴を用いることで、相関によるトラッキングのズレの補正が可能になった.
- 6) カメラとナンバープレートを用いることで、より柔軟性の高い車両の回避または走行が安価に実現できる.

## 学位論文審査結果の要旨

当該学位論文に関して、平成12年1月27日に第1回審査委員会を開き、面接調査を行った後、論文内容を詳細に検討した。さらに、平成12年2月3日に行われた口頭発表の後に第2回審査委員会を開き、協議の結果以下のように判定した。

本論文は移動体を安全に自動追尾するシステムの開発に関する研究である。システムはトラッキング部、認識部、補正部、計測部で構成されている。寸法が規定されている先行車のナンバープレートをトラッキングの目標にする事を提案し、まず、前方の画像から先行車のナンバープレートをニューラルネットワークを用いて自動的に探索し、認識できることを示している。次に、画像処理時間の短縮のために、得られたナンバープレート画像をテンプレートとした相関を用いて追尾する方法を提案している。そして、相関を用いたときに発生する、ナンバープレートの画像サイズの変動による相関の低減やトラッキングずれを防止するために、テンプレートを連続して取り替える方法とナンバープレートの特徴を用いてずれを補正する方法も提案している。最後に、ナンバープレートの両眼視による車車間の相対位置計測を行っている。これらの提案手法を用いて、一定条件の下に安定した自動追尾を行うための情報が得られることを実験により検証している。

以上の研究結果は自動車の自動追尾走行に関して重要な知見を得ており、本論文は博士論文に値する。