

インフラカメラを用いた駐車補助画像生成

鈴木 康広[†] 圓道 知博[†] 藤井 俊彰[†] 谷本 正幸[†]

[†]名古屋大学 工学研究科 〒464-8603 愛知県名古屋市中種区不老町

E-mail: †suzuki@tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp, ††{yendo,fujii,tanimoto}@nuee.nagoya-u.ac.jp

あらまし 近年、ITS技術が高度に発展していく中で、ドライバーの負担を軽減するための研究が広く行われている。運転操作の中でも特に駐車操作は苦手とする人が多い。そのため現在では、車載リアカメラを用いた駐車補助が実際に行われている。そこで我々は駐車補助の別の方法として、将来、インフラ設備の整備が進むことで駐車場に設置される監視目的等のカメラの映像を別用途で利用し、補助に用いる方法を考え研究を行っている。インフラに設置されたカメラの映像を利用することにより得られる利点として、リアカメラの映像を利用するよりも広域の映像情報をドライバーに提供することができる事が挙げられる。したがって、その利点を利用した駐車補助システムの構築が主な目的である。

キーワード ITS, 駐車補助, インフラ設備, 画像処理

Generation of Images for Parking Assistance Using Cameras Installed as Infrastructures

Yasuhiro SUZUKI[†], Tomohiro YENDO[†], Toshiaki FUJII[†], and Masayuki TANIMOTO[†]

[†] Graduate School of Engineering Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603 JAPAN

E-mail: †suzuki@tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp, ††{yendo,fujii,tanimoto}@nuee.nagoya-u.ac.jp

Abstract In recent years, reaserches to reduce the driver's burden has been widly done while ITS technology has highly developed. So we propose a new parking assistance system which is different from the system using rear camera. It uses images of cameras installed in a parking lot for other purposes. We process to convert those images to useful information and transmitted to each car. In this paper, we generated overhead view images which are easy for the driver to get a sense of distance and direction for easier parking.

Key words ITS, Parking Assistance, Infrastructure, Image Processing

1. はじめに

自動車社会が発達し、自動車は我々の生活になくてはならない存在となっている。しかし、その便利さの反面で、交通渋滞や交通事故の発生は後を絶たない。近年急激に発達した情報通信技術を利用して、こうした交通諸問題の解決をITS（高度道路交通システム）は目指している。その中でも、安全面に関してドライバーの負担を軽減させるための研究は広く行われてきている。

事故が起こる数多くのシチュエーションの中で、駐車場の事故は生命に関わるような危険性は少ない。しかし、駐車時にはバック走行する必要があるという理由で死角が多くなるのに加えて、一般道路などと比べて他の駐車車両等の影響で生じる死角も増える。また、何よりバック走行の操作が苦手である人が多いため、事故の件数としては大きな割合を占めている。現

在はそのため、ドライバーの駐車の際の運転操作を補助するために、車両に搭載されているリアカメラの利用するものが多くの人に利用され、また、さらによりよい駐車補助が行えるように研究が行われている。そこで我々はより良いものを求めたときに、そのようなリアカメラを用いた駐車補助とは別の形の駐車補助の方法として、将来、整備が進むであろうインフラ設備を利用することを考えた。監視等の目的で駐車場に設置されるカメラの映像を別用途として、駐車補助に利用することができれば、有効利用の観点から見ても良いことであると考えられる。また実際にインフラに設置されたカメラ（以後、インフラカメラ）を利用するときに、リアカメラの映像を利用するときよりも、広域の映像情報をドライバーは得ることができる。したがって、その利点を利用した駐車補助システムの構築が主な目的である。

研究を始めるに当たり、まず実際にインフラカメラを用いたと

きの補助を行い、その有効性を確認した。そして、より補助に適した映像をドライバーに提供するための処理を考えたところ、駐車場にカメラが設置されることを考えたときに複数台の設置が考えられるので、それらを利用できることが考えられる。そこで、今回は2台のインフラカメラによって撮影された映像から、画像処理を用いて上空から見下ろす形の映像の生成を行った。この変換を行うことで自車の方向・距離間隔がつかみやすくなると考えられる。

本稿の構成は以下のようになっている。2.と3.では基礎的な実験及び、考察について述べた後に、4.でその実験において生じた問題の解決手法を示す。そして、最後に5.で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 現状と課題

2.1 予備実験

現在、カーナビゲーションシステムのオプションとして搭載されているリアモニタを用いた駐車補助システムでは、ドライバーに提示される画像はすべて画像処理の行われていないものである。したがって、リアカメラの映像と比較したインフラカメラの映像の有効性を調べるには、インフラカメラの映像をそのままカーナビゲーションシステムのモニタに表示したものを評価すれば十分であると考えられる。そこで実際に1台のカメラを駐車スペースの後方に設置して、そのカメラで実際に撮影した映像を車両に無線通信によって送信し、カーナビゲーションシステムの画面にリアルタイムに表示するというシステムを構築した[1][2][3]。図1は実際にカーナビゲーションシステムのモニタに表示した画像である。この補助システムを多くの人に主観評価してもらったところ、画像内に車両が映ることによって、車両位置と駐車位置の関係が分かりやすいといった、多くの肯定的な主観評価を得ることが出来た。

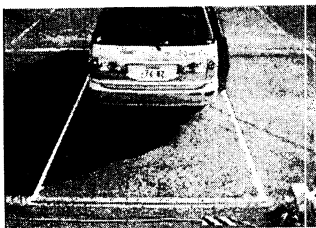


図1 インフラカメラ画像

Fig. 1 Infrastructure Camera Image

以上のようにインフラカメラを用いた駐車補助の有効性が確認できた。そこで、ただインフラカメラの映像をドライバーに提示するだけでなく、よりよいシステムを構築するために、より補助に適した映像を生成することを考えた。上空から見下ろす形の映像をドライバーの補助に用いることが出来れば、ドライバーはそのままの映像を見るよりも距離感・方向感覚がつかみやすくなり、駐車操作がよりしやすくなることが考えられる。したがって、インフラカメラの映像から画像処理によってその

ような映像を生成することを考えた。

また、今回の実験では 320×240 pixel のサイズの RGB 画像を送信した。そのため送信したデータ量が多くディスプレイ表示の遅延が生じた。安全面の観点から画像表示の遅延は致命的であり、送信するデータ量について検討する必要がある。そこで、インフラカメラの映像から上空から見下ろす形の映像を生成する際に、インフラカメラの映像を画像として利用するのではなく、車両の位置決定のためのセンサとして利用する。そうしてインフラ側で得られた位置情報を車両側に送信し、送信された情報を元に車両側で上空から見下ろす形の映像を生成するというシステムを考える。そうすることで送信するデータ量の大幅な削減が見込まれ遅延も生じないと考えられる。このことは他のシステムの実験で同じ 320×240 pixel サイズの画像を送信した場合と比べて、位置情報のみを送った場合に約5倍のフレームレートを得ることが出来たことからみて、このシステムでも大きな利点が得られると考えられる [2]。

2.2 座標変換

インフラカメラによって得られた画像から、画像内の物体の位置を取得するために画像内の座標と世界座標との関係を知る必要があるため、カメラキャリブレーションを行う。本稿での実験ではカメラキャリブレーションは3次元物体を用いた強キャリブレーションを行った。強キャリブレーションを行うことによって、(1)式における P を求めることができる。それによって、画像内の座標 m と世界座標 M の関係が分かる。

$$m = PM \quad (1)$$

$$m^t = (x, y, 1) \quad M^t = (X, Y, Z, 1)$$

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{pmatrix}$$

得られたパラメータから画像内の車両の位置を求めるが、車両位置を求めるためには物体の高さ情報を求める必要がある。しかし、画像内の物体の高さ情報はひとつのカメラの情報では得られないので、初めは画像内の全点の高さをすべて地面と同じ高さ ($Z = 0$) として画像変換を行った。そのため、Fig.2の(a)の中に映っている3次元物体の位置は、変換後には地面との境界部分以外は正しい位置に変換できない。したがって、図2の(b)のように物体が伸びたように表示された画像になる。

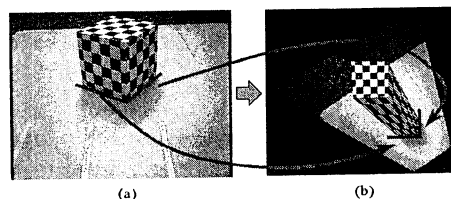


図2 投影結果

Fig. 2 The Result of Projection

しかし逆に、 $Z = 0$ である点は正しく投影されることを利用することを用いれば、車両の位置を求めることは可能である。そこで車両位置をこの投影した映像を用いて検出することを考えたときに、実際に利用可能であると考えられる複数台のカメラ映像を用いることで処理をより簡単にすることができる。したがって、複数台のインフラカメラの映像を利用した駐車補助システムを考えることにした。

3. 駐車補助画像生成実験

3.1 カメラ配置

投影された画像は前述したとおり地面と同じ高さの箇所のみ正しい位置に投影される。したがって、画像内で車両の領域と地面の領域の境界部分で実際に接地している部分は正しく投影される。そこで、車両位置の決定にその部分を用いることを考えた。その部分の検出を複数台のカメラを用いて行うことを考えたときに、まず、カメラ配置について考察する必要がある。今回の手法では、車の全周が映りこむようなカメラ配置がよいと考えられるので、今回は、図3のような駐車スペースの後方で、2台のカメラが向かい合う形のカメラ配置で撮影を行った。この際に、CCDカメラ（東芝 IK-CU43）を撮影に用い、 320×240 pixel サイズの画像をPC（Intel Pentium IV 3.2GHz, memory 1024Mbyte）に保存した。

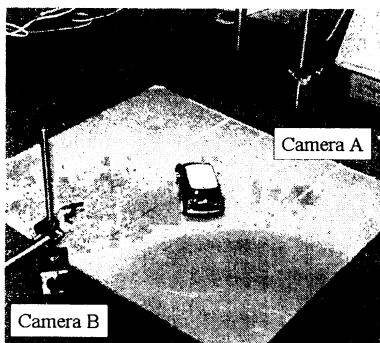


図3 カメラ配置
Fig. 3 Camera Arrangement

3.2 実験

次に車両の位置決定手法を示す。始めに2台のカメラそれぞれで撮影された映像を背景差分を用いて2値化することで画像内の車両の領域を抜き出す。そして、その領域をあらかじめ求めておいたパラメータを用いて同じ世界座標系に投影する。向かい合う形にカメラを配置した場合、世界座標系では投影された領域は本来車両のある領域のみ重なり合うので投影した図で重なり合う部分を車両の領域とする。実際に投影した画像は図4のようなものとなる。この図は両方の画像から投影された部分を白、どちらか一方のみから投影された部分をグレーで示している。この画像内にはノイズが混じっているが、これは領域の面積の閾値を用いることによって除く。このようにして検出された車両領域を、あらかじめ用意しておいた背景画像上に示した映像を生成する。

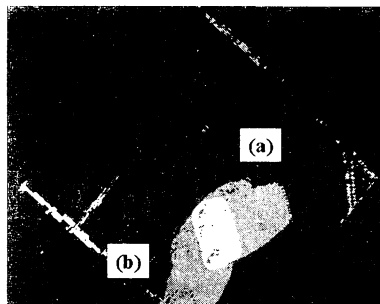


図4 車両位置決定のための画像
Fig. 4 Image to detect Car's Position

これを位置を検出する車両以外にはなにもない条件下で数シーン撮影し、生成された映像についての考察を行った。

3.3 考察

前述した手法で車両領域を検出し、検出された位置をあらかじめ用意しておいた画像に表示した画像は図5のような画像となる。図中では車両位置を黒く抜き出している。何も障害物がなく両カメラが車両全体を映し出すことができるのであれば、このように車両の領域を決定することができる。しかし、影の影響で車両の領域がうまく抜き出せなかったり、実際の駐車場の状況を考えて駐車車両の影響などで両カメラに常に車両全体が映っているという状況は考えにくい。その様な状況を考え、それらに対する解決を次に示す。

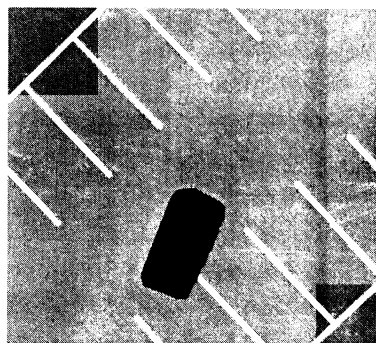


図5 生成画像
Fig. 5 Generated Image

4. 問題の解決手法

4.1 画像内における車両領域検出精度の向上

本手法では差分によって車両領域を抜き出しているが、従来のYUV変換の輝度値の差分による2値化を行った場合に影の影響で車両の領域を精度良く抜き出すことが出来ないということがあった。閾値の値を大きくすれば影に関しては精度は良くなるが、その場合は車両が地面と同じような色をしていた場合に車両部分で抜き出せない部分が出てくる。したがって、より

精度の良い車両領域の抽出が必要である。今回は、より良い車両領域の抽出のために RGB 表色系から YUV 表色系に変換するのではなく、違う表色系に変換をすることを行った。変換式は基本的に次式のように表される。

$$X' = a_{11} * R + a_{12} * G + a_{13} * B$$

$$Y' = a_{21} * R + a_{22} * G + a_{23} * B$$

$$Z' = a_{31} * R + a_{32} * G + a_{33} * B$$

$$X = f(X', Y', Z') \quad Y = g(X', Y', Z') \quad Z = h(X', Y', Z')$$

ここで、表色系として次式で表せる L*a*b 表色系を用いた。

$$a_{11} = 0.412, \quad a_{12} = 0.358, \quad a_{13} = 0.180$$

$$a_{21} = 0.212, \quad a_{22} = 0.715, \quad a_{23} = 0.072$$

$$a_{31} = 0.019, \quad a_{32} = 0.119, \quad a_{33} = 0.950$$

$$f(X, Y, Z) = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$g(X, Y, Z) = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$h(X, Y, Z) = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$X_n = 0.950, \quad Y_n = 1.000, \quad Z_n = 1.089$$

(X_n, Y_n, Z_n は完全拡散反射面の 3 刺激値)

L*a*b 表色系に変換した後に L の値で差分を取った場合の結果を図 6 に YUV 表色系の結果と重ねて比較して示す。

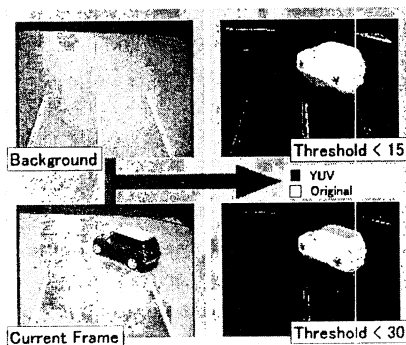


図 6 用いる表色系による差分画像の違い

Fig. 6 Difference of the difference picture by used color system

図のグレーの部分が同じ閾値で YUV 表色系では検出してしまったところである。この結果から、適切な表色系を用いることで車両の抽出の精度が向上することが分かる。

4.2 オクルージョン対策

前に述べたように、実際の環境を考えたときに、図 3 のようなカメラ配置では、他の駐車車両がある場合に駐車しようとする車が駐車車両の陰に隠れてカメラに映らないという問題がある。その場合、そのまま前述の方法で上空から見た場合の車両領域を求めても正しく求めることが出来ない。したがって、正しく車両領域を求めるために隠れた部分の車両領域を求める必要がある。ここで条件として、車両領域を求めるときにオクルージョンの原因となっている駐車車両は、画像内で静止しているものとする。その条件の下で、駐車車両がない状態の画像と駐車車両がある状態の画像から画像内で車両の映っている領域を差分によって求め、あらかじめオクルージョンが起きる領域を求める。今回の手法は各フレーム間隔は多くて数十ミリ秒ということで、車両はそれほど位置・向きを変えないということを利用するため、車両領域を補間する実験では以下のことを前提条件として行った。

- オクルージョン領域と車両の領域が重なる前に完全な車両の形を抜き出せている。
- 車両は急激な曲がり方は出来ない。
- 車両全体がオクルージョン領域に入ることはない。
(車両上部は必ず画像内に映る)

始めに前フレームで車両情報を取得しておき、取得した前フレームの情報と現在のフレームの車両領域との情報とを比較する。検出された車両領域の面積の変化率が閾値を超えた場合に、オクルージョン領域に車両の 1 部分があるとして前フレームで取得したテンプレートと現在のフレームの車両領域を比較して、オクルージョン領域にかかっている部分のみ補間を行う。ただし、そのときに前フレーム内と現在のフレームで抜き出した車両情報の縦横比を比較し、それらの長さ及び、比率が閾値を超えて変化する場合は、それらを補正した後に補間を行う。補間方法は欠けている部分を埋めるという単純な方法を用いている。実際に補間を行った作業を図 7 に示す。

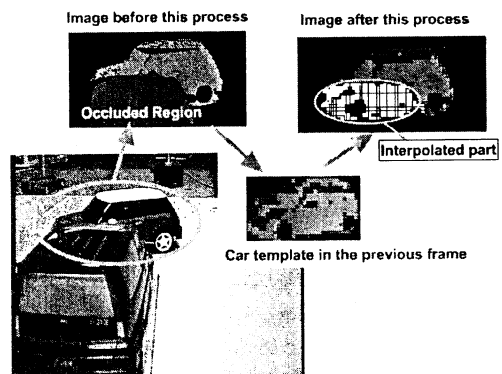


図 7 補間手法

Fig. 7 Method of interpolation

4.3 車両の軌跡による車両の向き決定

4.1 で車両検出の精度が上がったとしても、影などの影響が残り、車両の形を正確に示すことは出来ない場合もあった。そこで、あらかじめ車両の大きさの情報を持ったテクスチャーを車両位置に貼ることによって、ドライバーに車両位置の映像情報を提示するという考えを考えた。車両位置は車両が長方形であることから、車両位置を決定するには求めた車両領域の重心を用いた。また、車両の向きは車両の重心の移動を関数に当てはめ、各点での微分係数から求めるという手法を用いた。図8に概要を示す。車両の移動を当てはめる関数の決定の際に、

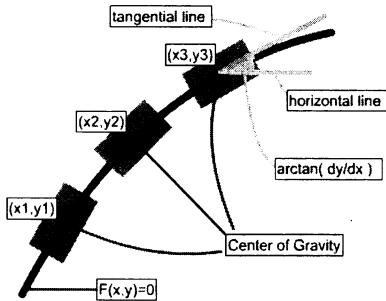


図8 車両向き決定方法の概要

Fig. 8 Outline of the way of the direction of the car

あまり多くの点情報を利用しなければならない場合、ドライバーに情報を与えることが出来ない時間が生じてしまう。そのことを考慮し、処理の簡単化のためにも少ない点で求められる関数を用いる。そこで、微小時間に移動する距離は少なく、車の回転半径も十分に大きいことから、車両の軌跡を式(2)で表されるとする。

$$y = ax^2 + bx + c \quad (2)$$

すると、車両の向きは $\arctan(2ax + b)$ [rad] のように表すことができる。このとき、重心の3点の情報を用いれば、式(2)の式の a, b, c を決定することができる。ただし、前述したとおり車両の領域が正確に求められない場合もあるので、次のような手順で曲線を求める。

- (1) 過去3フレーム分以上の重心の座標を用いて車両向きの値を決めた数だけ求める。n点の値が取れば、 nC_3 個の放物線が求められる。(ただし、車両が移動していなくて同じ座標の場合は重複しては用いない)
- (2) 求められた車両の向きが前フレームで求めたものと比較して、閾値を越えて変化している場合はそれを除外する。
- (3) 求められたすべての車両の向きの平均を求め、最終的な車両の向きを決定する。
- (4) 2で求めたすべての値が除外されたとき、過去の移動情報から向きを決定する。

この手法で求めた車両位置を用いて、あらかじめ用意しておいた駐車場の背景画像に車両位置を示したものは図9のようになる。

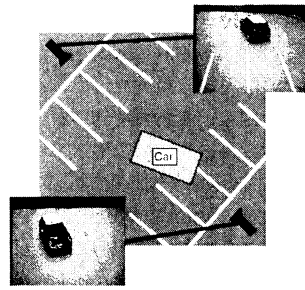


図9 生成補助画像

Fig. 9 Generated image for assistance

4.4 駐車補助画像生成

オクルージョンが生じている状態も考慮した駐車補助画像生成のための処理の手順を次に示す。図10に各段階での生成画像を示す。

- (1) 前準備として、各カメラで駐車車両等、駐車場に何もない状態の画像を取得しておき、ドライバーに提示するための駐車場の背景画像Aを読み込む
- (2) 駐車補助の対象となる車両が画像内に入る前の画像を取得し、駐車車両等、静止物体がある場合は(1)で取得した画像との差分によって、静止物体のみを抜き出し、その領域をオクルージョン領域と決定する
- (3) (1)で用意した背景画像A上に抽出された静止物体を表示し、その画像を背景画像Bとする
- (4) (2)で取得した画像との差分によって移動物体を抜き出し、前述の処理によって車両の場合は位置向きを決定する
- (5) (3)で生成した背景画像B上に位置・向きを決定された車両を表示する

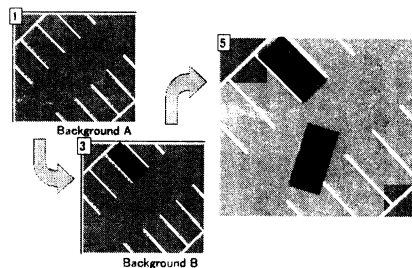


図10 補助画像生成手順

Fig. 10 Procedure for generating images for assistance

次に、このような過程で生成された画像についての評価をする。生成された画像はオクルージョンの有無に関係なく、位置に関しては精度のあるものを生成することが出来た。しかし、車両の向きに関しては実用するには精度が不足しているため、より精度の高い手法を用いる必要がある。

5. むすび

本稿では従来あるリアカメラを用いるのではなく、インフラとして設置されたカメラを利用した補助の方法を提案した。そして、補助の際にドライバーに提示する上空から見下ろす形で自車位置を確認することのできる画像を生成し、その際に生じる問題点について挙げ、それに対する解決手法を示した。

今後は精度に関して不足している部分に対して検討し、実環境で行うために必要なシステムの構築を行っていく予定である。

文 献

- [1] Y. Suzuki, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, "Parking Assistance using Multi-Camera Infrastructure", IEEE, Intelligent Vehicles Symposium, p106-p111, 2005.
- [2] M. Koyamaishi, Y. Suzuki, M. Wada, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, "Visual Assistant System "HIR" for Safe Driving at an Intersection -Intelligent Intersection-", International Workshop on Realworld Multimedia Corpora in Mobile Environment, p25-p32, 2005
- [3] H. Sakai, M. Koyamaishi, K. Toyota, T. Fujii and M. Tanimoto, "Experiment of Safety Drive in an Intersection by Visual Assistances based on HIR System," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp265-270, 2003
- [4] M. Sekitoh, T. Fujii, T. Kimoto and M. Tanimoto, "Bird's Eye View System for ITS", IEEE, Intelligent Vehicles Symposium, pp119-123, 2001.
- [5] K. Toyota, T. Fujii, T. Kimoto and M. Tanimoto, "A Proposal of HIR system for ITS," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp540-544, 2000.
- [6] 内村圭一, 松島宏典, "オクルージョンを考慮した交通流計測", 電気学会論文誌C, Vol.122-C, No.12, pp.2120-2127(2002.12)
- [7] 佐藤淳, "コンピュータビジョン-視覚の幾何学", コロナ社, 1999.