

環境変化に頑健な車載画像処理システムの開発

塩原 守人 中山 収文 瀬川 英吾 佐々木 繁

株式会社 富士通研究所 ITメディア研究所

shio@jp.fujitsu.com

あらまし：筆者らは、画像処理の実用化を目指して、24 時間 365 日連続運用できる認識アルゴリズムの研究に取り組んでいる。その一環として、屋外の環境認識でも最も実現が難しい応用の一つである車載画像処理、特に車外の環境を認識する車外認識について、これまでの取り組みと現在すすめている後側方確認システムについて述べる。筆者らは、時々刻々と変化する道路周辺環境や日照、天候の変化に対して、ロバストな認識アルゴリズムを実現してきた。特に、後側方確認では、運転者が周囲の車両を確認しづらい夕方から夜間にかけての時間帯や降雨・降雪など視界が悪くなる状況下で車両と背景の輝度差が小さく、従来方式では車両の外形が欠けてしまい車両を見落してしまうという問題がある。そこで、車両特徴が視界不良などによって一部が欠けても車両の形状を予測して、失われた部分を補い車両を特定するステレオ方式を開発した。昼間・薄暮・雨天・雪天など環境変化がある 26 通りの動画データを用いた耐環境性評価では、従来方式が対処困難であった夕方から薄暮や、降雨（降雪）時でも、車両の見落としを 10%以下に低減できることを実証した。

Robust Vehicle Detection Method Under Environmental Influences

Morito Shiohara, Osafumi Nakayama, Eigo Segawa, and Shigeru Sasaki

FUJITSU LABORATORIES LTD.

Abstract: During the period from dusk to dark, when it is difficult for drivers to see other vehicles, or when visibility is poor due to rain, snow, etc., conventional surveillance systems have difficulty detecting the outline of nearby vehicles and may thus fail to recognize them. To solve this problem, we have developed a rear and side surveillance system for vehicles that uses image processing. The system uses two stereo cameras to monitor the areas to the rear and sides of a vehicle, i.e., a driver's blind spots, and to detect the positions and relative speeds of other vehicles. The proposed system can estimate the shape of a vehicle from a partial outline of it, thus identifying the vehicle by filling in the missing parts of the vehicle outline. Testing of the system under various environmental conditions showed that the rate of errors (false and missed detection) in detecting approaching vehicles was reduced to less than 10%, even under conditions that are problematic for conventional processing.

1. はじめに

車にカメラを搭載した車載画像処理には、車内にいる運転者、同乗者を認識する車内認識と前方や後方にある車両の認識など、運転支援のために車の外の環境を認識する車外認識の2種類に大別される。本稿は、特に後者について述べる。

車の外の環境を認識し、運転者の安全運転を支援するという用途は、運転が視覚情報に基づいた行動であることから画像処理の応用として大変魅力的である。一方、年々増加する交通事故が社会問題になっているが、事故の大きな要因のひとつである運転者の車両有無の確認不足を画像処理で補いたいという期待もある。

確かに、安全運転を支援するシステムのニーズは高いが、そのシステムを支える技術として画像処理がどこまで適用できるのかまだ見えていないのが実情である。なぜならば、カメラで外界を撮影する際に生じる、日照変化、天候変化など、所謂、環境変化があり、その条件下で認識率が高くかつ安定した画像認識を実現することは現状では容易でないからである。筆者らは、高まる車外認識のニーズに答えるという使命感だけではなく、日照変化などの撮影条件の変化があり、かつ周辺環境が時々刻々と変化する厳しい環境下で、物体を認識するという画像認識アプリケーションの中でも難しいタスクに挑戦することで、画像処理の適用範囲がどれくらいかを見極めることを目的として研究開発を進めてきた。

本稿では、これまでに取り組んできた車外認識の事例を紹介するとともに、最近のトピックスをして、画像処理の苦手な低照度、雨天、降雪などの悪天候にも対応した後側方確認方式について述べる。

2. 車外認識と富士通の取り組み

2.1 自律走行車の実現

当社の車外認識への取り組みは 1980 年代後半での自律走行のフィジビリティスタディとして研究開発した PVS(Personal Vehicle System)[1]から始まる。PVS は旧通産省の外郭団体機械システム振興協会から受託実施した研究開発である。本システムの視覚部では、白線検知と三次元による障害物検知の機能を画像処理で

実現し、雨天や夜間、一般道路における自律走行に成功した。この実験により、車外認識による運転支援に画像処理が使えることを示すことができた。その後、自律走行の研究開発とは別に、現状の自動車への適用を重視し、より実用的な方向性として、画像処理を運転者の目の補助に使用する安全支援技術へ展開した。

2.2 安全運転支援技術への展開

画像処理が主体となって自律的に自動車を制御する技術とは異なり、画像処理から得られる情報はあくまでも運転者が運転するための参考情報として使う方向は、現状では、画像処理が様々な環境変化に対して完全に対応しきれないという不安を解消するものである。ただし、参考情報ではあるものの、誤検知というウソの情報を運転者に伝えることは、運転者に画像処理へ不信感を抱かせ、使われなく恐れがある。したがって、運転支援としての画像処理の必要条件として、認識の漏れは官能試験でストレスのない程度は許容されるが、誤認識は限りなく0にすることである。筆者らは、誤検知なし、認識漏れなしを目指して、最初に、自車が走行する車線内において前方にいる車両までの距離を計測する技術を 1995 年に開発した。

2.2.1 縦ステレオ視による前方車間測距

車両の共通特徴として、バンパーやウインドウフレームなど横に長い線を多く含む物体であることに着目して、車両のみを抽出する技術を車載

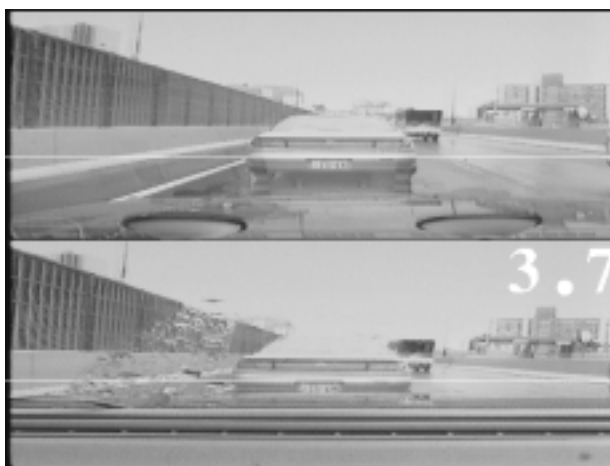


図1 縦ステレオ視による前方車間測距（雨天）

2つの画像は、それぞれ上下カメラの画像
2つの画像にある白線は、ステレオ対応した部分で、白数字は前方車までの距離を表す

画像処理の分野ではなく、交通流監視における車両抽出技術[2]として開発した。24時間365日連続して車両を抽出し、車速や通過台数を96%以上の正解率で算出し、渋滞監視などの道路アプリケーションに適用している。この実地実験の実績を活かし、車載画像処理に車両抽出のモデルとして適用し、さらに、縦に2つのカメラをベースライン20cmで並べた縦ステレオ視を開発した[3]。それぞれのカメラから入力した映像から自車線領域を抽出し、その領域内にある長い横線群を発見する。2つの映像から発見したそれぞれの横線群のピーク同士を対応させ、ピークの位置のズレ、すなわち視差から自車からの前方の距離が算出できる。縦ステレオ視をおこなった理由の一つとして、車両の影や雨天による映り込みで、車両でない横線が抽出され、2映像の対応付けが成功しても、自車からのその物体までの距離が算出されるだけでなく、路面からの距離も算出できるので、影や映りこみを除去できるメリットがあるからである。この縦ステレオ視の評価では、晴天、曇天だけでなく雨天での撮影環境下で、計測対象も大型車、小型車、二輪車など様々な車種を撮影した50時間以上の実地データを使った。その結果、車両の誤検知は0%、検知漏れ率は3%、距離精度は30m先で20%誤差であることが実証した。図1は、雨天時に路面の反射やフロントガラスに水滴がついた場合での処理例であるが、このような悪天候下でも認識できる。しかしながら、縦ステレオ視では、2つのカメラが20cm縦にぶら下がることになり、運転者にとって目障りなこと、車内に突起物があるのは安全面で好ましくないことなど、カメラの設置の面で課題があった。そこで、フロントガラスに沿ってカメラを設置する段差型の縦ステレオ視の技術を1998年に開発し[4]、縦ステレオ視と同等の性能を実証した。

3. 後側方確認への展開

安全運転支援として、前方での衝突防止などの技術開発をおこなってきたが、車両前方の事故に

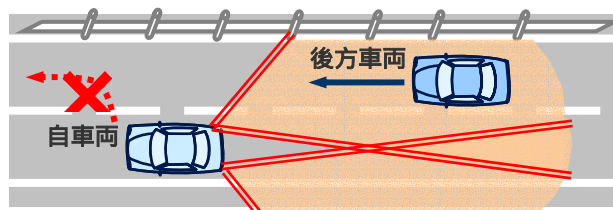


図2 後側方確認システム

次いで、車両の後や側方など、運転者の死角になる方向での事故、例えば、車線変更や合流時に後方での車両との接触事故が多く、ニーズも高い。一方、前方と違って後側方では、認識すべき対象である隣車線の車両が道路周辺の建物、樹木などと映像上で混ざり合っているため、車両の抽出が難しいという課題がある。筆者らは、さらに難しいタスクとして、後側方での接近する車両の有無を事前に警告する後側方確認システムの開発に取り組んだ。このシステムは、図2のように、後側方をセンサで監視し、車線変更や合流時に、後方にある車両の位置や速度を計測し、接近や衝突の可能性がある場合に運転者に対して警告を与えるシステムである。以降、筆者らが現在取り組んでいる後側方確認の方式について詳細に述べる。

本システムでは、計測する車両の位置の目標精度を誤差10%以内とした。接近する車両との衝突を回避できる距離は、平均相対速度30km/hの車両を発見して人が回避するまでの時間が0.5秒と仮定すると、少なくとも9mは必要である。50%の余裕をみて、回避できる距離は14mである。このとき、システムは運転者に示す車両の位置精度は、少なくとも車両一台分のずれ(最短長さを3mとして $\pm 1.5m$)以内に抑える必要があるので、14m後方では誤差10%以内の計測精度が必要である。そこで、道路周辺の建物などと車両とを区別するとともに車両のみの位置を計測できるステレオ画像計測方式による実現を検討した。特に、後側方確認では、運用面を重視し、運転者が周囲状況を確認しづらい夕方から夜間までの時間帯や降雨・降雪など悪環境下での後側方の監視に注力した。しかしながら、映像を用いるステレオ視では、薄暮や夜間のような100lx以下の低照度や降雨雪でカメラのレンズに付着する水滴の影響で、画像中の車両と背景との輝度差が小さくなり、車両の検出漏れが多くなる。これまで研究されてきたステレオ計測による車両位置計測([5]~[7])では、正確な車両の外形を用いて車両を検出するので、輝度の変化で一部分が欠けると形状が変わり車両を検出できなかった。

筆者らは、このような環境変化に対応するために、大きさの異なる3種類の代表車種(トラック、

ダンブ、乗用車)について概略形状を表す直方体モデルを作成しておき、車両の外形の一部が欠けても、直方体モデルで欠けている部分を補い、ステレオ計測をおこなう方式を開発し、100Lx程度の薄暮時でも誤差 10%の精度で車両の位置を計測することができた。

4. 環境変化によるステレオ方式の影響

本章では、一般に車両の位置を計測する方法として、ステレオ距離計測による方法を説明し、環境変化による影響について述べる。

4.1 ステレオ方式による車両位置計測

ステレオ視による車両の位置計測の一般的な方法は図3の流れで処理する。

まず、2台のカメラ(ここでは左右2台とする)でステレオ映像を撮影し(処理)、次に特徴量として車両外形や内部の模様など、エッジ点を抽出する(処理)。そして、エッジ点毎にステレオ対応付け処理を行い、距離情報を取得する(処理)。最後に、エッジ点の持つ距離情報に予め用意した車両の形状を表す車両のモデル形状を当てはめて車両の有無および車両の3次元位置を計測する(処理)。

4.2 ステレオ方式の課題 ~環境変化の影響~

後側方監視システムのように屋外の物体を監視するシステムでは、照度変化と天候変化などの環境変化に対応しなければならない。特に、照度

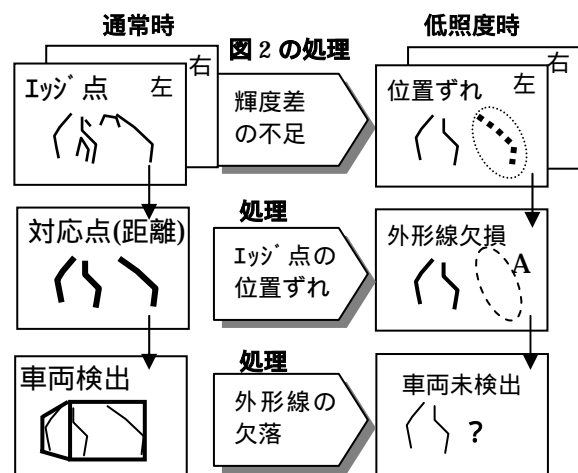


図4 低照度時の問題

変化と天候変化は、運転者にとって日常的なケースであり、これらを解決することは必要不可欠である。それぞれの問題について、ステレオ計測に与える影響について考察する。

照度変化では、太陽光や強い照明光の入射により画像全体の輝度が飽和して物体が見えなくなる高照度の問題と、照度不足のために物体そのものが見えにくくなる低照度の問題とがある。前者は、レンズ絞りなどで光量を抑制して回避できる。一方、後者の低照度の問題は、照度不足で失われた光量は増やせないため、光学系での対応に限界があり、画像処理である程度補う必要がある。車両位置計測における低照度の問題を、図4を用いて説明する。

照度が低下すると、車両と背景の輝度勾配が小さくなり、エッジ点位置はノイズの影響でずれやすくなる。さらに低照度では、AGC(自動利得調整装置)の働きでノイズが強調されることから、エッジ点の位置は容易にずれる(処理)。この位置ずれはランダムノイズによってエッジ点毎に独立して生じるので、処理の点毎のステレオ対応付け処理では、左右映像間で局所的なエッジの形状が異なり、正しく対応付けることができない。そのため、車両外形で距離情報が得られない部分(欠落部分と呼ぶ)が発生する。図4では、Aのような欠落部分が生じる。この欠落部分が車両の左右外形のどちらか一方など大きな部分となると、車両の形状が大きく異なるので、車両の検出に失敗する(処理)。このように、厳密な車両形状を必要とする従来の車両検出では、低照度時の外形

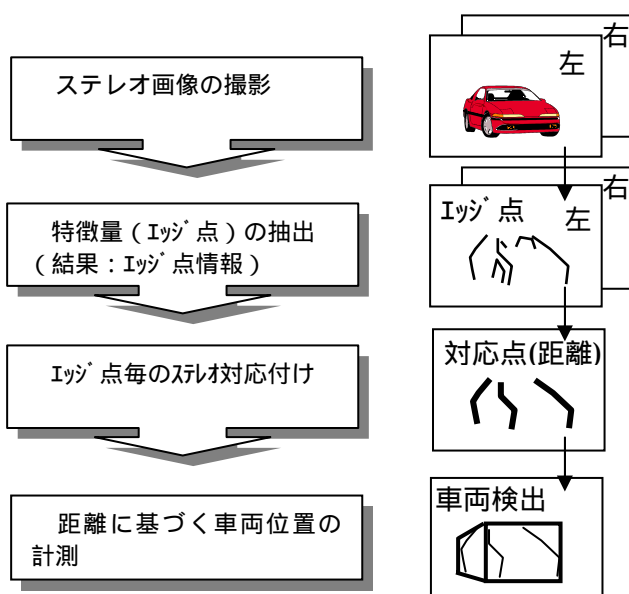


図3 ステレオ距離計測による車両計測の概略流れ

の欠落で車両検出に失敗する。

また、天候変化では、水滴のレンズ付着の問題がある。後側方監視では、カメラを車両の後方に設置するので、車輪が巻き上げた水滴がレンズ表面に付着して、映像の像が歪んだり、映像全体の輝度差が減少したりする。像の歪みや輝度差の低下は、照度時と同様にエッジ点の位置ずれを生じ、結果として、車両外形の一部分の距離情報が欠落して車両が正しく検出できなくなる。

後側方確認では、車両の左端背景と右端背景とが異なることが多く、どちらか一方が照度(天候)変化の問題で欠落する場合(片側対応と呼ぶ)が頻発する。距離情報の欠落部分が車両外形の極一部であれば車両形状はほとんど変わらないので車両を特定できるが、左端(あるいは右端)全体となると形状が大幅に違い、車両を検出できない。

5. 片側対応時の車両位置計測方式

本章では、照度変化(低照度)や天候変化など環境変化によって、車両外形線の左右端の一方から距離情報が得られない片側対応時でも、安定に車両位置を計測できる開発方式について述べる。

5.1 開発方式の概要

片側対応の車両外形の欠落は、エッジ点位置がノイズの影響ですれて、エッジ点毎に対応が求まらない未対応に起因する。例えば、図5では、右端外形でエッジの位置ずれが起こり、距離が欠落している。ここで、距離が欠落する部分でもエッジ点自体は存在することに着目すると、もし左右画像より欠落するエッジ点を塊として識別できれば、塊同士を対応付けて欠落部分の距離を算出することができる。図5では、外形の右端全体がこれに当たる。欠落部分の距離が求まると、後は

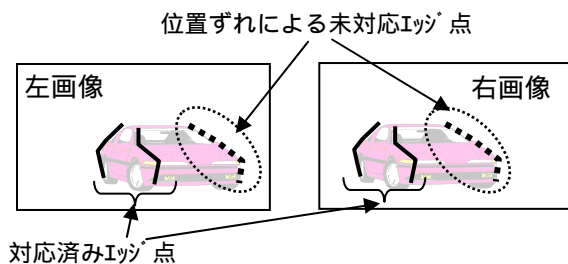


図5 外形の一部の距離情報が欠落する状況

欠落部分がない場合と同様に、車両の形状・大きさを表す直方体モデルと照合して車両を検出する。

しかしながら、映像中には欠落した車両外形以外にも背景部分など対応が求まらないエッジ点は存在し、これら多くのエッジ群から車両外形に属するものだけを特定するのは困難である。例えば図6に示す例では、A,Bのエッジ塊のいずれが車両外形かを決定できない。

そこで、画像上での車両の見え方(大きさ)を予測した車両の「見え方モデル」を作成して、見え方モデルを画像に当てはめて未対応の車両外形の位置を特定する方法を開発した。さらに、見え方モデルを用いても複数のエッジ塊が車両外形となり得る場合があるので、この場合には一旦は複数の車両候補を作成しておき、後で過去の車両の動きを用いて真の車両位置を決定する時系列処理方式を併せて開発した。

前者方式での見え方モデルは、図7に示すように、車両の幅、高さ、奥行きを表す直方体モデルを求まっている車両外形の3次元位置に置いたときに、画像上で観測され得る大きさを定めた矩形領域とする。この矩形領域の画像上で当てはめて左端と右端の外形位置を予測して、エッジ塊の有無を調べる。この操作を左右画像で行い、左右画像間に対応付けるべきエッジ点塊を得る。つまり、片側対応のように、点毎の対応付けでは距離が決定できない部分だけは、「見え方」というモデルを利用して対応付けるべきエッジ塊を得る、いわ

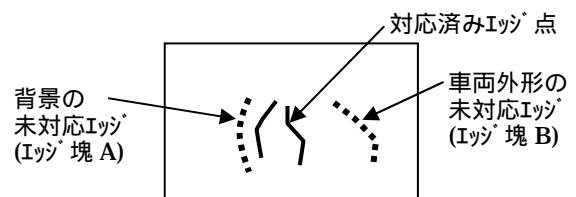


図6 エッジ塊の選択における問題

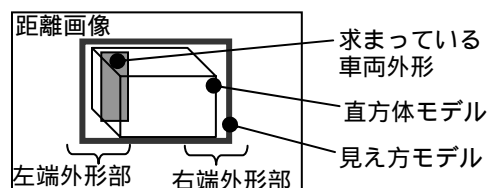


図7 直方体モデルと見え方モデルの関係

ゆるモデルベースの対応付けにより欠落した車両外形の距離を求める。

5.2 処理の概略流れ

5.1 節で説明した車両位置計測方式の概略流れを図8に示す。距離情報から車両らしい部分を抽出し、それが通常処理で対処可能な両側対応か、いずれか一方の距離が欠落して、車両形状が大きく異なる片側対応か判断し(2.1)、それぞれの場合で個別に処理する。両側対応なら、外形全体を用いて車両位置を決定し(2.2)、片側対応ならば、未対応のエッジ塊から欠落部分の距離を補って車両位置を計測した後(2.3)、複数の車両位置候補があれば、過去の車両の移動軌跡より真の車両位置を決定する(2.4)。以下では、各処理の詳細について説明する。

5.3 ステレオ距離計測処理

距離情報の算出にはエッジ点ベースの対応付け方式を用いる。エッジ点を用いる理由は、後側方の映像には車両の他に建物や木々など様々な物体があり、エッジ線など高次の特徴量での記述が難しいためである。エッジ点の対応は、左画像を小領域に区切り、小領域毎に右画像を探索して、左右の小領域間で類似したエッジの分布パターンを持つ箇所を定めることで決定する。結果として、エッジ点毎に距離情報を有す(この距離を有すエッジ点を距離エッジと呼ぶ)距離画像が得られる。ここでは、左画像の各エッジ位置に距離情報を値として持つ距離画像を生成する。

5.4 両対応・片側対応の判定処理

車両左右端それぞれの距離情報の有無から両

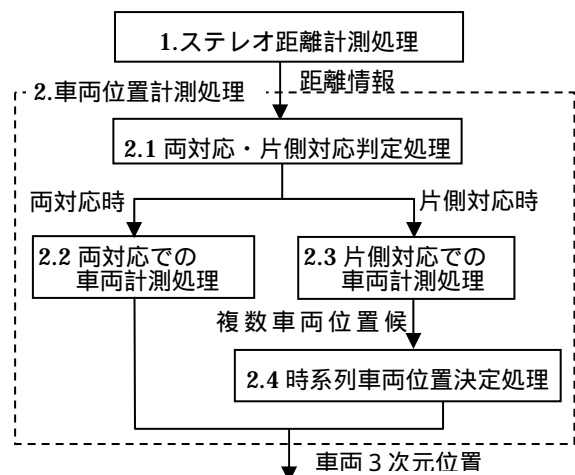


図8 車両位置の計測処理のブロック流れ

対応か片側対応を判断する。最初に、判断の対象となる車両がどこにあるか定める必要がある。そこで、まず、距離画像から3次元距離が一定値以内のエッジ点群を一つにまとめた領域(断片領域と定義する)を抽出する。

次に、それぞれの断片領域について、図7で示したように、断片領域の3次元位置に合わせて見え方モデルを生成する。この見え方モデルを、断片領域を含む範囲で走査していき、以下の両側対応条件(条件A)あるいは片側対応条件(条件B)のいずれかを満足するか調べる。これら条件は、車両モデル内の左右端部それぞれでの距離が求まっているエッジ点の個数の多少により、両側対応か片側対応を判断するものである。

条件A：両側対応の判定

見え方モデルに対して、図9に示すような外形の検出領域(R1~R3)を定める時、左右端の外形検出領域R1,R2それぞれで、距離を持つ距離エッジ点の個数が共に十分多い。

条件B：片側対応の判定

左端(R1)あるいは右端(R2)の一方の検出領域では、距離エッジ点の個数が十分多く、他方端の検出領域では距離を持たないエッジ点の個数が十分多い(かつ、距離を持つ距離エッジ点の個数が十分少ない)。

5.5 両対応での車両位置計測処理

5.4 節の処理で両側対応と判別された場合は、車両内部(検出領域R3)の平均奥行きと、左右両端部(R1,R2)の平均奥行きとを比較し、両者が一致していれば、見え方モデル内の距離エッジ点の中で、カメラに近い側からいくつかで求めた奥行き位置に車両の直方体モデルの前面を一致させることで、車両の3次元位置を決定する。

5.6 片側対応での車両位置計測処理

片側対応と判別された場合は、まず他方画像(右

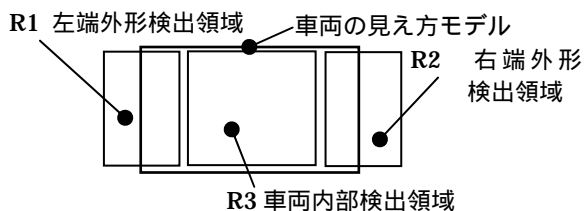


図9 見え方モデルと外形検出領域の関係

画像)にも同様に、左右片側からのみ距離を持つ外形があるか調べる。具体的には、左右外形で距離を有す側の平均奥行き D を用いて右画像での見え方モデルの位置を算出し、その位置 5.4 節の条件 B が成立つか調べる。右画像での位置は、カメラの焦点距離を f 、カメラ間距離を b として、 $d = fb/D$ で定まる視差値 d だけ見え方モデル位置を左方向にずらした位置である。

左右画像で条件 B を満たすならば、未対応側の外形エッジの塊同士を対応付け、距離を算出する。そして、車両内部(検出領域 R3)の平均奥行きと、左右端の平均奥行きとを比較して同一距離なら、5.5 節と同様に車両位置(候補)を決定する。このとき、検出領域 R1~R3 に含まれる車両位置を支持する距離エッジ点の総数を、その車両位置候補の存在可能性の評価値として定める。

5.7 時系列による車両位置決定

前節で得られた複数の車両位置候補から、過去の車両位置の時系列的な移動軌跡から、最も滑らかに繋がる車両位置を真の位置と決定する。

例えば、図 10 の矢印のように車両が移動してきたとすると、A~C までの車両位置候補の中から、最も滑らかに接続する候補 B を真の車両位置とし、残りの候補(A,C)を除去する。

過去の移動軌跡のいずれとも対応付かなかった車両位置候補については、新たに出現したと考え、複数の候補の中で最も評価値が高い候補位置に新たに車両位置を設定し、以降は移動軌跡を求めていく。

逆に、車両位置候補のいずれとも対応が付かなかった過去の移動軌跡については、車両が消滅したとして車両追跡を除去する。

6 実験および考察

画像を用いた車両位置計測では、従来、環境変化によって車両と背景の輝度差が減少すると車

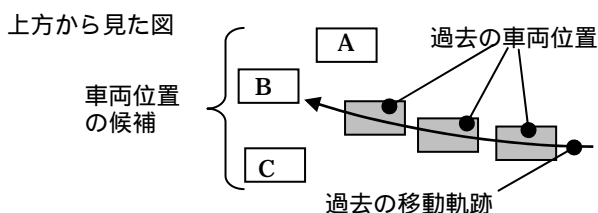


図 10 時系列情報の利用による車両位置の決定

両検出ができなくなる問題があった。そこで、提案方式の耐環境変化に対する耐性能力を評価するために、照度変化(昼間[10万 Lx]から薄暮[100Lx]に変化)10通り、天候変化(雨・雪)16通りの計26通りの動画データ(各データ100フレーム程度。内訳は表1)を用いて、車両外形付近での輝度差と車両の計測精度の関係を従来方式と提案方式のそれぞれについて調べた。比較評価に使用した従来方式とは、4章で述べた車両外形全体(水平エッジは除く)について距離情報を必要とする一般的な方法である。

照度変化に対する比較評価の結果を図 11 に示す。車両の検出精度を示す尺度として、正解計測率と呼ぶ、フレーム毎に手動で与えた画像での車両枠(位置と大きさ)と、画像処理で検出された車両枠との重なり割合を用いた。なお、車両の位置が正しく検出されると、正解計測率は100%となる。

比較評価の結果、全般に従来方式に比べ提案方式の方が正解計測率が高く、本方式が有効であることが分かる。ただし、輝度濃淡差30以下(A部分)では、車両の外形両端で距離が得られず、正解検出率が20%台とほとんど車両を検出でき

表 1 実験データ

	状況	対象車両色	程度
照度変化	昼間	白/黒	
	夕方(背景明)	"	
	"(背景暗)	"	
	夕方逆光	"	
	薄暮	"	
天候変化	粒状雨(雪)粒付着	白/黒	中/多;昼/夕
	霧状付着	"	"
	霧+粒状付着	"	"
	拡散状付着	"	"

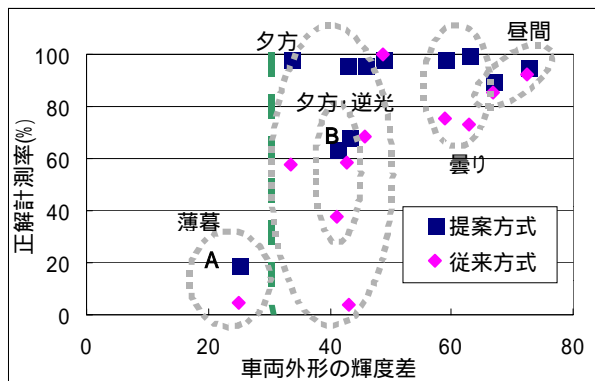


図 11 外形輝度差と正解検出率の関係

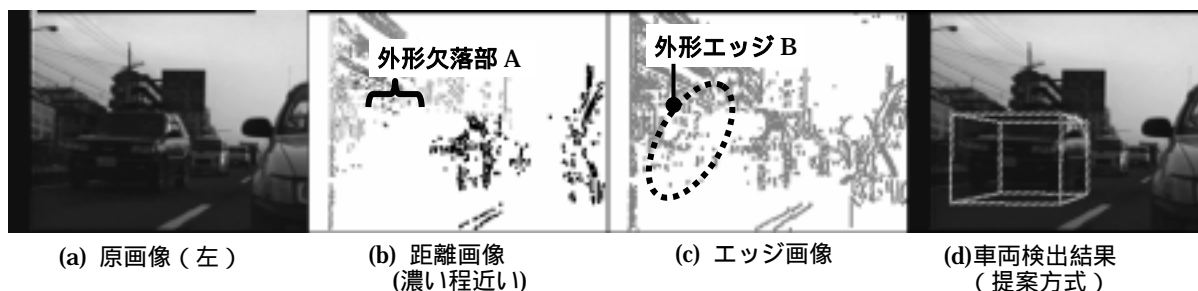


図 12 夕刻の低照度時での車両位置の計測結果

ていない。一方、輝度濃淡差が 30 以上あれば、照度変化と天候変化を通じて、正解計測率の平均は提案方式で 91% (従来方式で 63%) となり、提案方式が、車両位置を目標の誤差 10%以内で計測できることを確認した。本方式で用いたエッジ検出方式では、この性能を決定する輝度濃淡差は 30 であったが、値自体は使用するエッジ検出方式により変わり得る。しかし、いずれのエッジ検出方式でも、位置ずれなくエッジを検出するための輝度濃淡差には下限値があり、この議論は一般性を持つ。また、夕方逆光時の B 部分でも、車両両端で距離が定まらない場合があり、正解計測率が低下している。これら A, B 部分では、エッジ検出処理およびステレオ対応付け処理の改善が必要であり、これらの改善が今後の課題である。

車両の位置計測の結果例として、図 12 に一般道における夕刻時の結果を示す。AGC (自動利得制御回路) をもつカメラでは、夕刻のように、画像全体の照度が下がっても空のように比較的輝度の明るい部分がある場合に、車両と背景との輝度差が 40 階調程度の小ささになる。この場合、車両左端でエッジ位置にずれが生じ、図 12(b)のように外形が欠落 (A) するため、従来方式では車両の位置を計測できない。一方、提案方式では、距離情報が欠けている部分を図 12(c)のエッジ B のようにエッジ塊として対応付けることで、エッジが部分で欠落しても車両位置を計測できる (図 12(d))。

7 おわりに

本稿では、当社の車載画像処理、特に車外の車両を認識する車外認識について述べ、後側方確認システムを重点的に説明した。当社では、前方での認識を含め 100 時間以上のサンプルデータを収集し、分類し、車両を取り巻く周辺環境や日照変化、天候変化に代表される環境変化に対応してき

た。車載画像処理は画像認識応用の中でもこのような環境変化が厳しいタスクの一つであるが、逆に、難しいがゆえに、真正面から取り組むことで、当社の屋内外での画像認識の技術レベルの向上につながっていると確信している。実地での検証、課題整理、技術のフィードバックなど現場主体のサイクルの中で研究開発をおこなわなければ見えない課題も沢山あり、これらが見えなければ、実用の芽は育たない。

今後、車載画像処理をはじめとする様々な応用を通して、ユーザが必要としている状況を分析しつつ、耐環境変化の技術開発の研鑽を積んでゆきたい。

参考文献

- [1] 尾崎ほか, “自律走行車用視覚情報処理システム”, 情処学会研資, CV69-8, 1990.
- [2] 佐々木ほか, “動画画像処理プロセッサ ISHTAR によるリアルタイム・オプティカル・フロー抽出”, 日本ロボット学会誌, 13,3, 1995.
- [3] 此島ほか, “動画画像処理システム ISHTAR による前方車間距離計測”, 信学技報, PRMU95-48, pp.89-96, 1995.
- [4] N. Miyazaki; Offset Vertical Stereo System for Real-Time Range-Finding to Preceding Vehicles, MVA'98, IAPR, 1998.
- [5] 実吉ほか, “ステレオ画像を用いた運転支援のための前方状況認識システム”, PRMU97-25, 1997.
- [6] 下村, “曲線路におけるステレオ画像処理による先行車追従の検討”, PRMU97-25, 1997.
- [7] 宮岡ほか, “動画画像処理による後側方監視”, 第 4 回センシングシンポジウム講演論文集, pp.351-354, 1998.
- [8] 鈴木ほか, “予防安全のための周辺認識技術”, TOYOTA TECHNICAL REVIEW, 1993.