

複数ビデオカメラによる車両挙動の正射投影化*

Orthorectification of Vehicle Maneuvers Using Multiple Video Cameras *

布施孝志**

By Takashi FUSE**

1. はじめに

交通渋滞、交通事故、交通環境負荷等に対する詳細分析に向けて、個別車両の詳細動態データが必要とされている。これまでも、車両の詳細挙動把握のため、ビデオカメラによる観測が行われてきた。この観測は主に、ビル屋上や歩道橋上からの撮影により取得された斜め撮影画像である。実際の分析に用いる際には、斜め撮影画像からは道路上における車両の位置情報を直接求めることができないため、道路座標平面への画像の正射投影化が必要となる。

これまでも、任意視点からの撮影画像の正射投影図作成法は3次元復元手法に基づいて多数提案されているが、自動化は未だ困難な状況である。完全に3次元復元を行わなくても、任意視点画像生成が可能な手法も提案されているが、非常に多数のビデオカメラにより様々な方向からの撮影が行われていることが前提となっている¹⁾。しかしながら、車両挙動観測を対象とする場合には、カメラ設置位置等が限定された環境となるため、正射投影化する際に、上記の手法をそのまま適用することは困難である。

以上の背景の下、本研究では、撮影位置が制限された斜め撮影画像を用いて、車両挙動を簡略的に正射投影化する手法の開発を目的とする。本手法が構築されることにより、交通容量上の隘路区間の特性や道路の安全性などの評価、道路の絞込み区間における車両変更挙動の分析、車両の汚染物質の地点別排出量推定等への応用が期待される。

*キーワード：車両挙動、正射投影、動画処理

**正員、博士(工学)、

東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(東京都文京区本郷7-3-1、

TEL03-5841-6129、FAX03-5841-7453)

2. 正射投影化手法の枠組み

斜め撮影画像を正射投影化するためには画像中における物体の位置情報を3次元復元しなければならない。従来は位置情報を獲得するために厳密な写真測量に基づいた3次元復元手法が提案されてきたが、複数カメラに共通に写されている特徴点が必要となり、それらの特徴点のマッチングの自動化も困難なため、動画への適用は限定されざるを得ない。一方で、本研究では、より簡略的に3次元復元を行う視体積交差法²⁾に着目した手法を構築する。

(1) 視体積交差法

視体積交差法は画像中の物体のシルエットに注目し物体の3次元復元を行う方法である。画像中のシルエットをカメラの投影中心から3次元空間に逆投影して得られる錐体中 (visual hull) の部分空間に物体は存在する。そのため、複数画像から得られたvisual hullの共通部分が物体の存在可能空間に他ならない (図1)。以上のように物体の存在空間を限定することで3次元復元を行う。

本手法では、シルエット抽出を行うために、背景差分および影領域除去を行い、抽出されたピクセルの領域統合した結果をシルエットとする。

(2) エッジマッチングによるvisual hullの限定

視体積交差法では、交通観測のようにカメラ台数やカメラ配置に制約を受ける場合、visual hullが十分に限定されない。そこで、車両の形状特性を利用しvisual hullを限定する。車両シルエットのエッジは、車両形状を規定する、進行方向と垂直、あるいは平行のエッジで構成されている。そこで、複数画像間においてシルエットのエッジのマッチングを行うことで、その3次元情報を算出し、それらのエ

ッジより外部に存在する空間を車両存在空間から除外する（図2）。これにより正確な車両形状が同定可能となる。

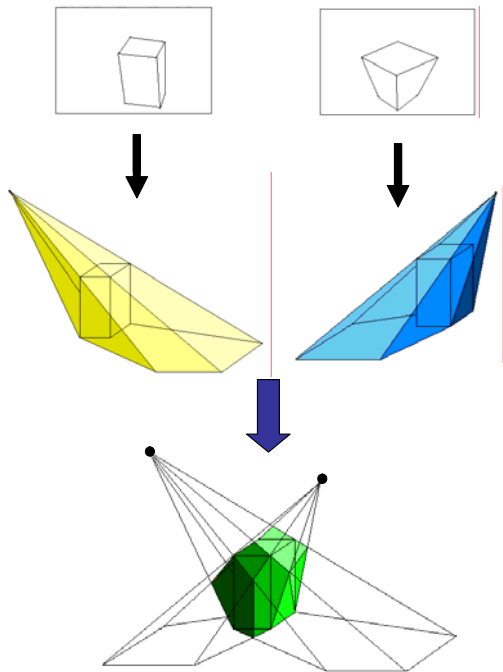


図1 Visual hullの概念

影され、どのカメラで撮影したかに依存せずに一点で表現される。これにより、共通エッジにより作成される共通点（これを特徴点とする）は容易に抽出することが可能である。そこで、投影したvisual hullから特徴点の位置情報を算出することにより、エッジマッチングによる位置情報の算出処理を省略する。さらに、この場合は、車両形状から、特徴点より後部には車両が存在しないため、効率的にvisual hullを限定することが可能となる。

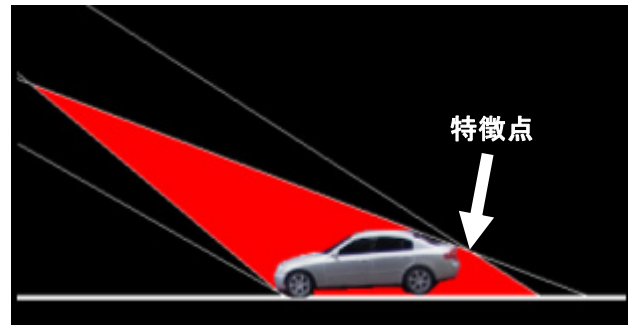


図3 visual hullの投影図

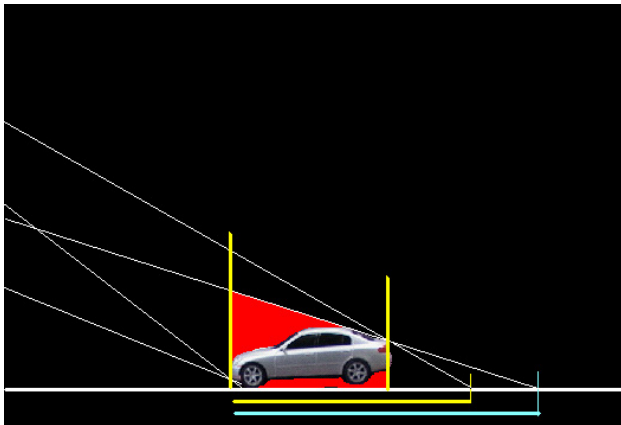


図2 エッジマッチングによる領域限定

3. 屋内及び屋外撮影画像への適用

(1) 屋内撮影静止画像への適用

屋内において、静止した車両模型を2台のカメラで撮影した静止画像に対し提案手法を適用した。カメラ配置は図4の通りであり、撮影画像を図5に示す。

(3) エッジマッチングの簡略化

エッジマッチングによりvisual hullが効果的に限定されるのはカメラから遠方のエッジ部分である。そこで、特に遠方部のエッジマッチングを簡略化する。

視体積交差法により作成したvisual hullを道路平面と垂直で車両の進行方向と平行な平面に投影すると、例えば、車両後部のエッジは、図3のように投

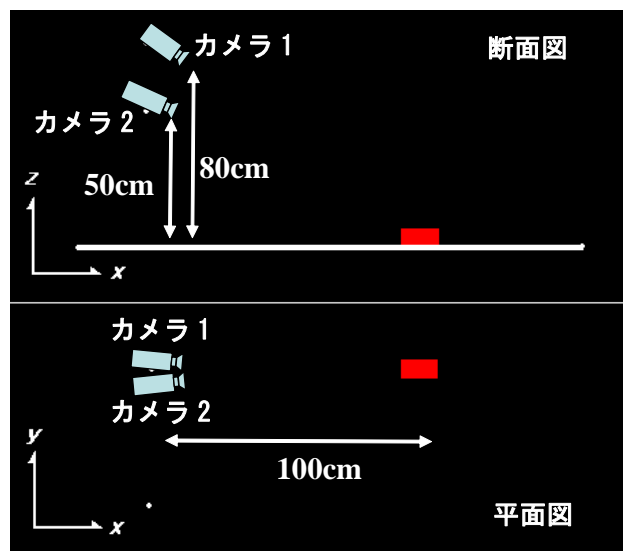


図4 室内実験におけるカメラ配置



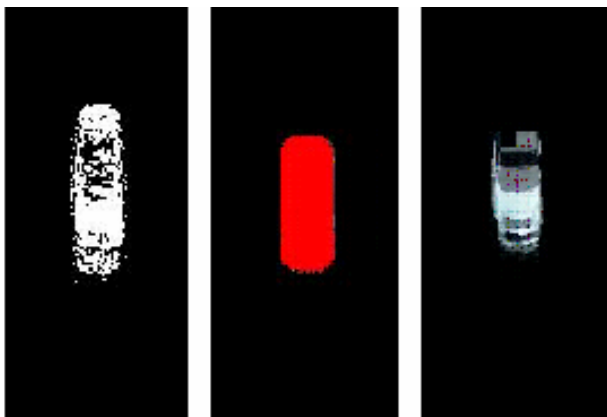
カメラ1 カメラ2

図5 室内撮影画像

適用結果を図6に示す。また、従来の視体積交差法を適用した結果及び、事前にマニュアルで計測した車両模型の位置と比較すると、提案手法により visual hull が効果的に限定されていることが確認できる(図7)。



図6 室内実験における適用結果



従来手法 実際の車両位置 提案手法

図7 提案手法と従来手法の比較

(2) 屋外撮影動画への適用

屋外において、実際に道路を走行する車両を2台のカメラで観測した動画に対し提案手法を適用した。撮影は歩道橋の上から行い、その配置は図8の通りであり、撮影動画の1フレームを図9に示す。撮

影条件は下記の通りである。

- 撮影時刻： 2004年1月9日 午前11:00
- 天気： 晴天
- カメラ台数： 2台
- 撮影距離： 10~20m
- 焦点距離： 6mm
- 画像サイズ： 640×480pixel
- バンド数： 3(8bit RGB値)

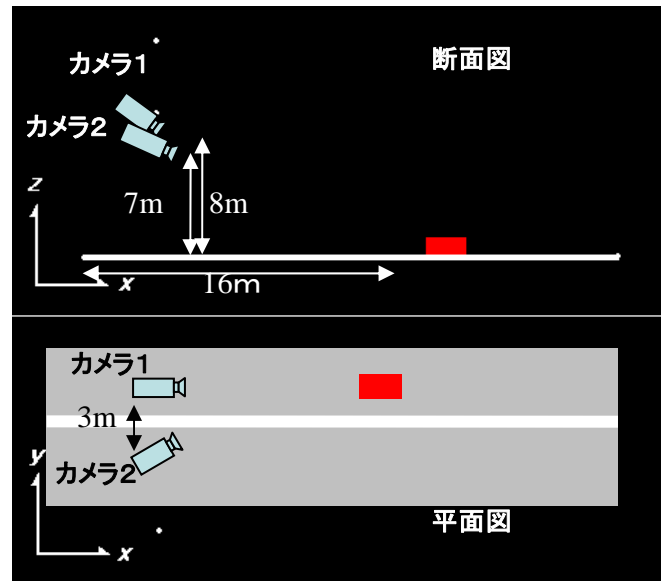


図8 屋外観測におけるカメラ配置



カメラ1 カメラ2

図9 屋外撮影画像

図9に対応する適用結果の1フレームを図10に示す。屋内における静止画と同様に効果的に車両の位置情報が取得できた。なお、テクスチャは、撮影画像のみから得られた情報に基づいているため、多少を見難くなっている。

しかしながら、一部のフレームでは、十分な結果が得られない場合も生じた。この要因としては、視体積交差法に利用される車両シルエットが適切に抽出されなかったことが推測される。シルエット抽出には、背景差分及び、影領域除去を適用するが、

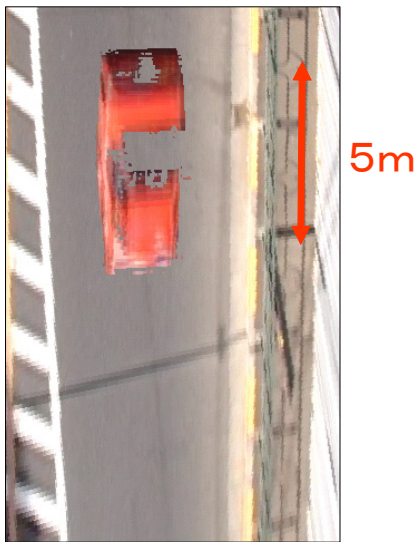
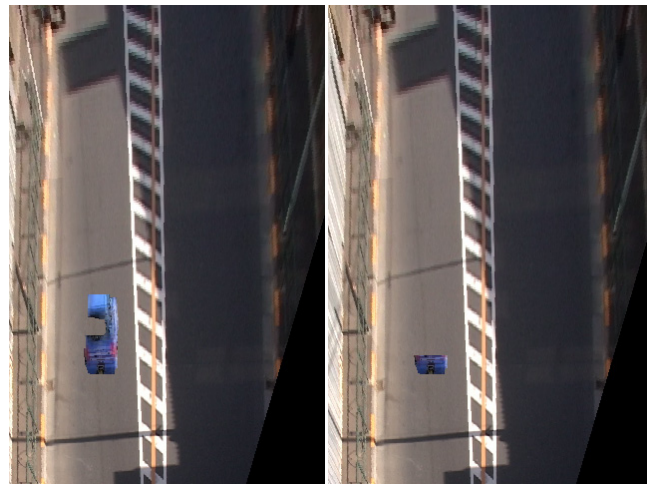


図 10 屋外画像への適用結果



出力画像 1

出力画像 2

図 12 シルエット画像の相違による結果への影響

これには複数のパラメータを用いる。この際、パラメータが変化すると抽出結果は大きく変化する（図 11）。

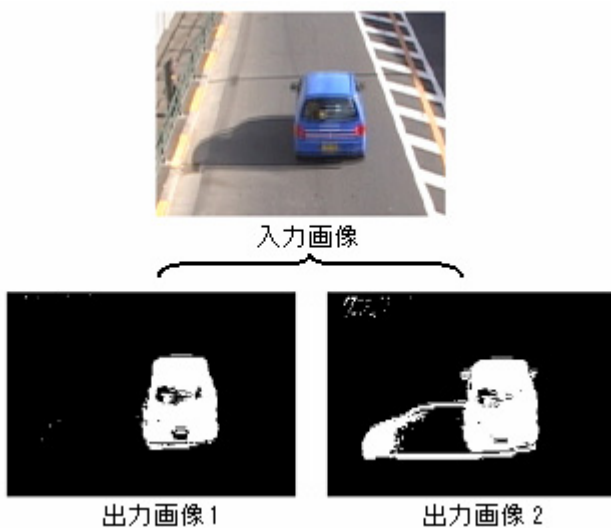


図 11 パラメータ設定による抽出結果の違い

静止画においてはマニュアルで適切なパラメータを調整した。しかし、動画では 1 フレームごとに全てのフレームに対して、マニュアルでパラメータを調整することは不可能であり、パラメータを固定してシルエットを抽出した。そのために、適切にシルエットが抽出されないフレームが発生した。例えば図 11 の出力画像 1、出力画像 2 を用いて、正射投影化を行うと図 12 のような結果となる。

4. まとめ

本研究では、配置状況などの制約がある斜め撮影ビデオ画像による車両挙動の観測に対し、視体積交差法を基礎として、車両形状の特徴を導入した簡略的な正射投影化手法を構築した。具体的には、エッジマッチングと統合した視体積交差法の開発し、エッジマッチングの簡易アルゴリズムもともに開発した。そして、実観測画像に適用することでその有用性と課題を明確にした。

今後は、時系列的な車両認識手法との統合や学習理論に基づいた自動的なシルエット抽出パラメータの決定法を導入することによる、動画画像への適用可能性の拡充が課題である。

参考文献

- 1) 北原格, 大田友一: 多視点映像の融合によるスポーツシーンの自由視点映像生成—3次元形状表現用平面の適応的配置, 電子情報通信学会技術報告, No. 189, pp. 23-30, 2001.
- 2) ウ小軍, 和田俊和, 東海彰吾, 松山隆司: 平面間透視投影を用いた並列視体積交差法, 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 42, No. CVIM2, pp. 33-43, 2001.