

走行車両の運動に関する拘束と 3次元モデルを用いた位置決定法

5 J-8

西尾 秀一†
†NTTデータ通信(株)

大田 友一‡
‡筑波大学・電子情報工学系

1. はじめに

現在、筆者らは、交差点を複数台の画像センサでカバーし、それらから個別に検出される車両の動きに関する情報を統合することによって、広範囲における車両の動きを把握できる車両追跡システムの開発を進めている[1]。

各時刻における走行車両の存在位置を、複数台の画像センサを用いて決定する場合、とくに以下の条件を考慮する必要がある。

- 1) 画像センサの配置に依存せず、異なる方向から観測しても同一の車両位置が決定できる。
- 2) 車両が各画像センサの受け持ち範囲内へ入ったり出たりしていく際に、画像の縁に掛かる等して、車両の一部しか観測されなくても車両位置が決定できる。

これらの条件を満足する手法として、車両に関する3次元モデルを利用した3次元モデルベースの車両位置決定手法が有効であると考えられる[2]。しかし、一般に3次元モデルベースの物体追跡は、モデルの自由度が高いために、観測画像中の物体とモデルの対応付けが難しいという問題がある。

本報告では、車両に関する先験的な知識を用いて、3次元モデルベースの車両位置決定を簡潔な処理によって実現する手法を提案する。また、実際の路上に設置した画像センサで撮影した動画データに適用した実験結果も示す。

2. 車両に関する先験的知識の利用

3次元モデルベースの物体追跡は、画像センサから得られる2次元的な見え方(2次元世界)と、物体の3次元モデル(3次元世界)の対応付けによって実現される。3次元モデルは計9つの自由度(位置3、回転3、サイズ3)を持つに対し、画像中で観測される物体は4つの自由度(位置2、サイズ2)しか持たないため、これらの照合を行なうためには、何らかの手段を用いてこれらのギャップを埋める必要があるが、一般にその計算コストは高い。

本手法では、対象とする物体が地面上を移動する走行車両であるという物体に関する先験的な知識を利用することによって、3次元モデルの自由度を限定し、2次元世界と3次元世界の対応付けを行なう。ここで利用する知識は、以下の3つである。

(1) “車両は地面の上を走行する”という車両の運動に関する拘束条件。これにより、モデルの自由度を位置に関して1つ、回転に関して2つ減らすことができる。具体的には、地面に関する3次元環境モデル(ワールドモデル)と、画像センサの設置位置、光軸の向き、焦点距離、画角といったセンサ・パラメータによって規定される。

(2) “走行車両は前進する方向を向いている”という車両の移動方向と3次元車両モデルの姿勢に関する拘束条件。これにより、モデルの回転に関するパラメータは全て規定され、残りのモデルの自由度は5つ(位置2、サイズ3)になる。

(3) “車両個別のサイズ変化は、車幅と比べ車長と車高の方が大きい”というサイズ変化に関する拘束条件。市販されている車両のサイズを調査したところ、同タイプ間(セダン、バンなど)のサイズ変化は、主として車長と車高に因るものであることが判明した。そこで、モデルのサイズ変化に関して車長と車高を重視する。具体的には、3次元モデルをワールドモデル上に配置したときに画像センサから観測される、2次元的な見え方モデルに関し、モデルのどの部分が外接矩形を規定するかについて、図1に示す4つの場合を想定し、それぞれの場合において、車長、車高、車幅のうち、2つのパラメータのみを変化させるルールを用いて、画像から観測される車両領域の外接矩形とサイズを合わせる。これにより、モデルのサイズに関する自由度を1つ減らすことができる。

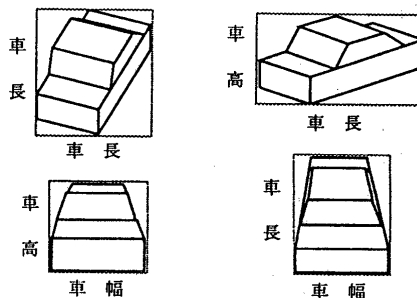


図1 モデルのサイズ変化のルール

以上の知識の利用により、3次元モデルの自由度は計4つ(位置2、サイズ2)に限定されることになり、画像センサから得られた画像から検出される車両領域との2次元的な対応付けによって、車両位置決定することができる。

ここで、最終的に算出される車両位置とは、図2に示すように3次元車両モデルのボディに当たる部分の重心を地面に垂直に下ろした位置であると定義する。

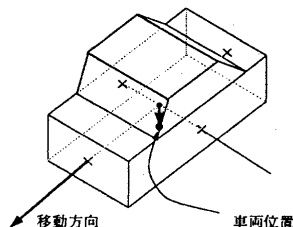


図2 車両存在位置の定義

Model-based determination of 3-D location of a moving vehicle
Shuichi NISHIO†, Yuichi OHTA†,
†NTT DATA COMMUNICATIONS SYSTEMS CORPORATION,
‡Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

3. 車両位置決定処理の流れ

本手法における車両位置決定処理は、2次元の外接矩形をベースに行なわれることになるが、車両全体が観測されている場合と、車両が画面の縁で途切れている場合には、処理の流れが異なる。以下にその手順を説明する。

3. 1 車両全体が観測されている場合

- [1-1] 観測画像上での車両領域の抽出、および、連続フレーム間での対応付けを行ない、画像上での2次元の(見かけ上の)車両位置、移動方向を算出する(図3)。
- [1-2] 見かけ上の移動方向をワールドモデル上での移動方向に変換し、車両の移動方向とみなす。
- [1-3] ワールドモデル上に算出された移動方向を向いた車両モデルを配置し、見え方モデルを算出する。
- [1-4] 前述のルールを用いて、見え方モデルの外接矩形が車両領域の外接矩形と同じ大きさを有するように、車両モデルの大きさを変形させる。
- [1-5] 各々の外接矩形の画像上での重心位置を合わせ、図2に示した車両位置を算出する。

3. 2 車両の一部が途切れている場合

- [2-1] [1-1]と同様に見かけ上の車両位置を算出する。但し、車両が途切れているために、移動方向は正確に求められないので、車両全体が観測されている時の車両軌跡を多項式で近似し、現在の移動方向を予測する。
- [2-2] [1-2]と同様。

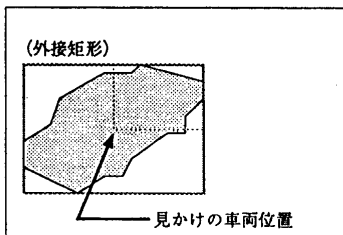


図3 見かけ上の車両位置

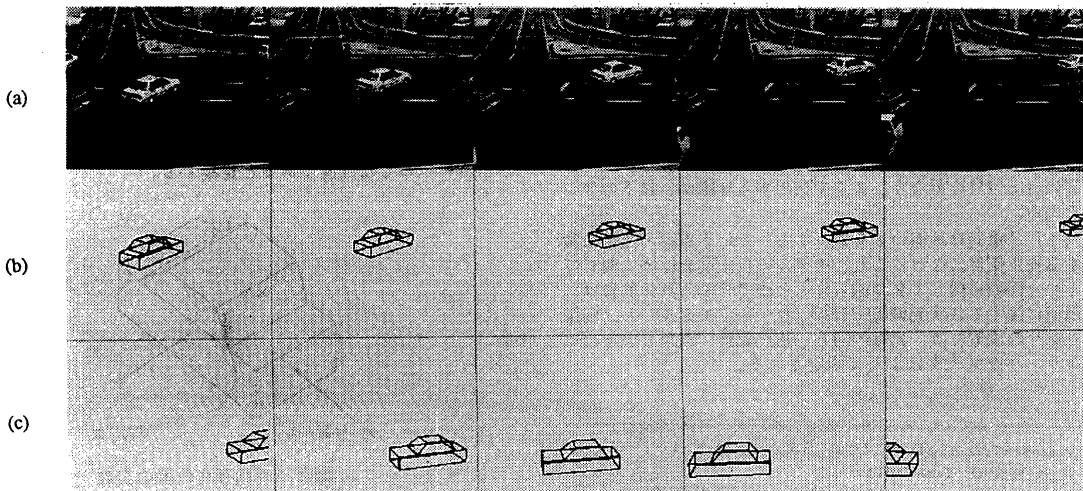


図4 画像中の車両領域と3次元モデルの対応付けの結果

- [2-3] [1-3]と同様。
- [2-4] 見え方モデルの画像上での外接矩形が車両領域の外接矩形と同じ大きさを有するように、車両モデルを移動する。
- [2-5] [1-5]と同様。

4. 実験結果

本手法の有効性を確認するために、実際の路上に設置した画像センサ(カラーTVカメラ)で撮影した動画データに本手法を適用し、画像上で観測される2次元の車両軌跡から、3次元の車両軌跡を再現する実験を行った。

画像は毎秒3フレームの割合で計算機に取り込み、車両の存在していない背景画像との輝度、および、色差成分の差分処理[1]により、車両領域を抽出し、あらかじめ、連続するフレーム間における対応付けを行っておく。

図4(a),(b)は、それぞれ、連続する入力画像フレームと、中央に位置する車両に関して対応付けられた車両の見え方モデルを示す。車両が画像の縁で途切れる場合にも良好な対応付けが行なわれていることがわかる。また、図4(c)は逆方向に設置された画像センサから同じ車両を観測し、同様の対応付けを行なった結果である。画像中央付近における車両位置の誤差は実世界上で15cm程度であった。

5. まとめ

本報告では、走行車両に関する先験的な知識を用いて、3次元モデルベースの車両位置決定を簡潔な処理で行なう手法を提案した。3次元モデルの利用により、画像センサの位置に依存しない車両位置決定が可能となると共に、車両の一部が途切れていても車両位置を決定できる。

今後、車両同志のオクルージョン等の問題を扱う予定である。

参考文献

- [1]西尾、大田：“複数画像センサの統合による交差点車両追跡”、Proc. MIRU'92、pp.1-169-176(1992)。
- [2]A.D.Worrall,et.al：“Model-based Tracking”、Proc. BMCV'91、pp.310-318(1991)。