

平面投影ステレオを用いた道路領域抽出

1F-6

小野口一則*

武田信之*

小栗成之**

渡辺 睦*

*(株) 東芝 関西研究所 ***(株) 東芝 コンセプトエンジニアリング開発部

1 はじめに

自律移動車を画像認識により制御する研究は、1970年頃から人工知能研究の一環として行なわれていたが、近年、TVカメラが小型かつ安価になり、また、計算機パワーが増大し画像処理が高速化するに伴い、より盛んになってきている。我々も、工場内敷地、リゾート地、及び住宅地から最寄り駅までの道路といった特定地域内において、小人数で利用できる公共交通システム（地域交通システム）を実現するため、走行環境の状況を画像認識等の3次元視覚情報処理技術を用いて把握するシステムを開発している。本システムは、移動車前方の走行可能な道路領域を検出する移動可能空間検出技術と、移動しながら移動体を検出する移動障害物検出技術から構成されている。ここでは、移動可能空間検出技術である、ステレオ視による道路領域抽出手法に関し報告する。

2 平面投影ステレオ法

従来、道路領域の位置を求める手法としては、単眼画像中から色やエッジの情報を用いて道路端を検出した後、道路端の平行性等の拘束条件を用いて、道路の3次元位置を算出する手法が一般的である[1][2]。しかし、これらの手法は画像上で道路領域を抽出するため、道路領域と同色の建物や塀等が道路脇に存在した場合、誤抽出される可能性がある。また、駐車車両等により道路端が隠蔽された場合、道路端エッジを正しく求めることができないため、道路の3次元位置の算出が困難になる。

道路領域を「移動車の足元から伸びている平面領域」と仮定し、3次元情報を用いて道路面を抽出すれば、道路領域と同色の建築物に対する誤抽出を減らすことができ、また、駐車車両により道路端が隠された場合にも、道路領域の3次元位置を獲得することができる。カメラ画像を用いて3次元情報を獲得する手法としては、ステレオ視が一般的であるが、屋外の場合、樹木等複雑な形状の対象物が多数存在するため対応付けが難しく、シーン全体の3次元形状を復元することにより道路面を抽出することは困難である。

道路領域を検出することが目的であるので、シーン全体の3次元形状を獲得する必要はなく、移動車の前方に広がる空間を道路領域と非道路領域に分離することができれば良い。このため、ステレオ画像を予想される道路

平面上に投影することにより、左右画像の対応付けを行なうことなく移動車前方の空間を道路領域と非道路領域に分ける「平面投影ステレオ法」を提案する。本手法は以下の4つのステップから構成されている。

- Step 1: 平面の設定
- Step 2: 画像の投影
- Step 3: 平面投影記述の作成
- Step 4: 道路領域の抽出

2.1 平面の設定

道路は局所平面の集合であると仮定できるため、カメラの傾き及び高さからステレオカメラの座標系における道路領域の平面式を算出する。

2.2 画像の投影

設定された平面の方程式を $P: ax+by+cz+d=0$ とする。ステレオの左右画像を平面 P 上に投影する手法を図1を用いて説明する。ステレオカメラの座標系を $O-XYZ$ 、左右画像中心を O_l, O_r 、左右カメラの焦点位置を C_l, C_r 、左右画像面上の点 q_l, q_r を平面 P 上へ投影した点を Q_l, Q_r 、左右画像上の画像中心を原点とする座標系をそれぞれ、 x_l-y_l, x_r-y_r 、 O_l, O_r をそれぞれ起点として x_l, x_r 軸上で長さが画像面の x 軸方向の画素サイズに相当するベクトルをそれぞれ n_{lx}, n_{rx} 、 O_l, O_r をそれぞれ起点として y_l, y_r 軸上で長さが画像面の y 軸方向の画素サイズに相当するベクトルを n_{ly}, n_{ry} 、 q_l, q_r の画像面上の位置をそれぞれ $(k_{lx}, k_{ly}), (k_{rx}, k_{ry})$ とすると次の関係が成り立つ。

$$O\vec{Q}_l = O\vec{q}_l + t_l(O\vec{C}_l - O\vec{q}_l)$$

$$O\vec{q}_l = O\vec{O}_l + k_{lx}n_{lx} + k_{ly}n_{ly}$$

$$O\vec{Q}_r = O\vec{q}_r + t_r(O\vec{C}_r - O\vec{q}_r)$$

$$O\vec{q}_r = O\vec{O}_r + k_{rx}n_{rx} + k_{ry}n_{ry}$$

ステレオカメラのキャリブレーション[3]により $O\vec{O}_l, O\vec{O}_r, O\vec{C}_l, O\vec{C}_r, n_{lx}, n_{rx}, n_{ly}, n_{ry}$ は既知であることから、 Q_l, Q_r が平面 $P: ax+by+cz+d$ 上に存在する場合の t_l, t_r を算出し、 $O\vec{Q}_l, O\vec{Q}_r$ を求める。

2.3 平面投影記述の作成

Y 座標値が画像中心位置よりも下に位置する左画像及び右画像中のすべての点 q_l, q_r を平面 P 上の点 Q_l, Q_r へ投影し、平面投影記述を作成する。図1に示すように、

Road Extraction using Planar Projection Stereopsis Method

*Kazunori Onoguchi, *Nobuyuki Takeda,

**Shigeyuki Oguri, and *Mutsumi Watanabe

*TOSHIBA Kansai Research Laboratory

**TOSHIBA Concept Engineering Division

道路平面上に存在しない点 V の場合、 V の撮像点 q_l, q_r はそれぞれ道路平面上の異なる点 Q_l, Q_r に投影されるため、 Q_l には、右画像から V とは異なる撮像点 w_r が投影され、 Q_r には、左画像から V とは異なる撮像点 w_l が投影される。このため、画像が投影される道路平面上の空間を $m \times n$ の格子状領域に分割し、各格子状領域 A_{ij} の内部に投影される左画像の色相 h_l 、彩度 s_l 、明度 v_l 、及び分散値 d_l と、右画像の色相 h_r 、彩度 s_r 、明度 v_r 、及び分散値 d_r をそれぞれ比較する。そして、これらの値が異なっている領域 A_{ij} を非道路領域とし、 $m \times n$ の画像上にプロットした平面投影記述を作成する (図 4 左)。

2.4 道路領域の抽出

高さが道路平面と異なる障害物は、道路面と接する位置から後方に放射状に倒れ込んだ形で投影される。このため、平面投影記述上で非道路領域は、道路平面と接している位置から後方に放射状に伸びる形で記述される。よって、図 2 に示すように、平面投影記述上のステレオカメラの位置 S から放射状に走査して、非道路領域が放射状に伸び始める位置 $T_i (1 < i < 2n + m - 2)$ を求め、 S と T_i を結ぶ領域を道路領域とする。

3 実験結果

図 3 の道路ステレオ画像に対し、本手法を適用した結果を示す。カメラレンズの焦点は 12.5mm であり、カメラ間隔は 200mm である。また、処理は EWS(TOSHIBA: UX3000) 上で行なった。図 4 左に得られた平面投影記述、図 4 右に平面投影記述を走査して抽出した道路領域から、30m 前方までの領域を左画像上に逆投影した結果を示す。道路面上の汚れや影の影響、及び道路と色が類似している壁等の影響を受けず、道路領域のみが正しく抽出されている。人間が画像をトレースすることにより求めた真の道路領域との一致度を比較すると、本手法の抽出率は 96%、誤り率は 1% であった。

4 おわりに

自律移動車の状況把握における移動可能空間検出技術として、平面投影ステレオ法による道路抽出手法を提案し、道路画像を用いた実験により有効性を確認した。今後は、処理の高速化及び抽出精度の向上を目指していく。

参考文献

- [1] C. Thorpe, et.al.: "Vision and Navigation for the Carnegie-Mellon Navlab", IEEE Trans on PAMI, 10(3), pp. 362-373, 1988.
- [2] A. Waxman, et.al.: "A Visual Navigation System for Autonomous Land Vehicles", IEEE Journal on Robotics and Automation, 1987.
- [3] Y. Yakimovsky: "A Stereo for Extracting Three-dimensional Measurements from Stereo Pair of TV Cameras", C.G.I.P, no.7, pp.195-210, 1978.

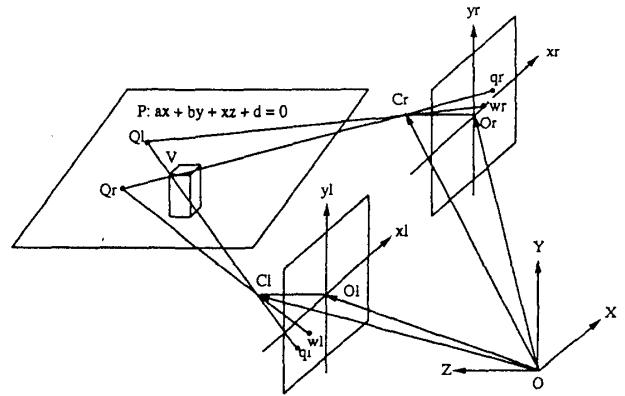


図 1: 投影手法

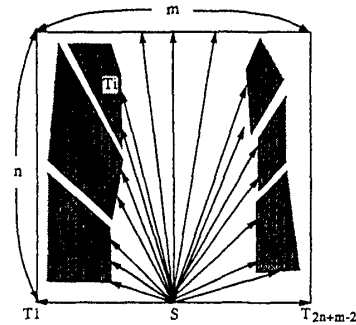


図 2: 平面投影記述上の走査



図 3: 道路ステレオ画像

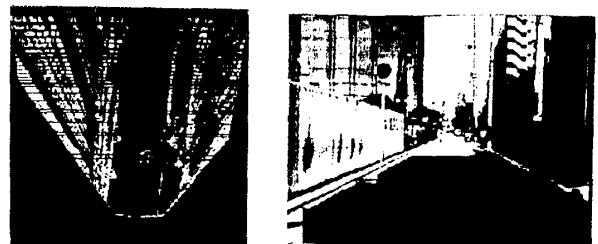


図 4: 平面投影記述及び道路抽出結果