

車載単眼カメラによる距離計測に関する研究

A Research on Distance Measurement Using Car-On-Board Single-Camera

乾谷 徹†

長尾 智晴†

Toru Inuiya

Tomoharu Nagao

1. まえがき

道路交通における安全性向上や効率化という目的から、高度交通システム(ITS: Intelligent Transportation Systems)に関する研究が盛んに行われている[1][2]。その中で、ドライバの運転を支援するシステムにおいては、車間距離計測、障害物検出などの走行環境認識が重要である。距離・3次元情報認識に関する研究は道路交分野に限らず、古くから数多く行われており、その手法についても様々なものが存在する[3]。代表的なものとしてレーザレーダやミリ波レーダ[4]などを用いて計測対象にエネルギーを放射し、その反射を計測するアクティブセンシング法や、複数のカメラを用いたステレオ視などに代表されるパッシブセンシング法が存在する。しかし、一般に3次元情報認識に用いられるシステムは、大規模でコストがかかるという問題がある。本報告では、車載用前方認識を前提として、入力容易でコンパクトなシステムを実現できる単眼カメラを用いた移動ステレオに着目し、これを利用した距離検出手法について述べる。

2. 提案手法

単眼カメラを用いた距離検出手順を図1に示す。

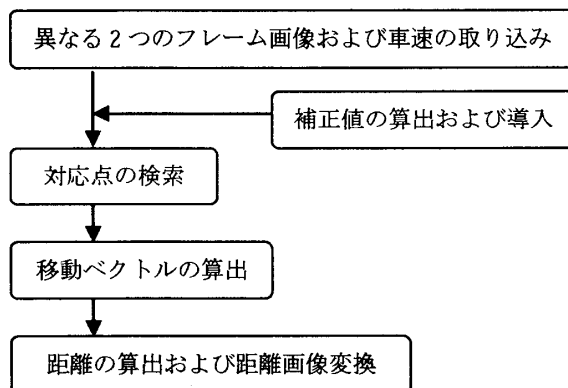


図1 移動ステレオ法の処理手順

2.1 対応点検出

移動ステレオ法において対象までの距離を算出するには、あらかじめ両フレーム画像間で対象がどれだけ移動したかを知る必要がある。本報告では移動量を検出する手法として、ブロックマッチング法を用いることにする。ブロック間パターンマッチングに基づく対応点検出は、第1フレーム上の注目画素 $P_1(x_p, y_p)$ を中心にもつ1辺の長さが $2L+1$ の正方形のブロックを考える。このブロックを第2フレ

ーム上の座標 (x_p, y_p) を基準とした探索範囲内で走査しながら評価し、最も一致した点を対応点とする。画素 P_1 に対する第2フレーム中での対応点の候補を $P_2(x_q, y_q)$ とし、式(1)によって評価をする。ここで、 $f_n(x, y, col)$ は、第 n フレーム上の座標 (x, y) での $col = R, G, B$ それぞれの輝度値をあらわす。

$$R = \sum_{x=-L}^L \sum_{y=-L}^L |f_i(x_p + x, y_p + y, col) - f_j(x_q + x, y_q + y, col)| \quad (1)$$

また、対応点を検出する際には差分評価関数の値の最小値を記憶しておき、差分計算中にこの値を超えた場合には計算を終了し、次の対応点候補の計算に移るという手法を用いた。これにより計算量の改善があると考えられる。

2.2 移動ステレオ法による距離検出

前進運動を仮定した場合の、移動ステレオ法における座標系を図2に示す。

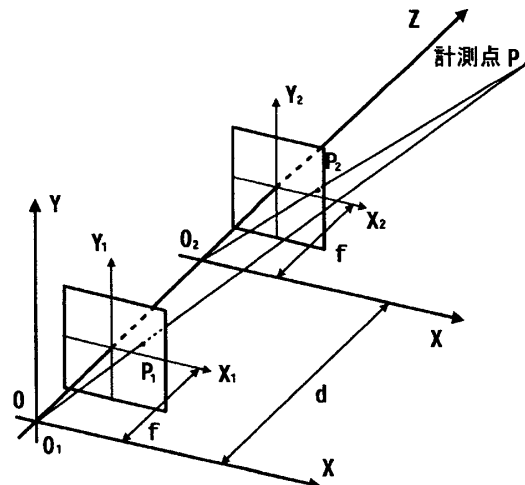


図2 移動ステレオ法における座標系

車載カメラの焦点距離を f とする。距離検出対象となる点 $P(X, Y, Z)$ とし、カメラの位置が O_1 であるときの画像上の P の投影点の座標を $P_1(X_1, Y_1, f)$ とする。また、 O_1 からカメラの位置が d だけ前進したときの画像上の P の投影点の座標を $P_2(X_2, Y_2, d+f)$ とする。このとき、計測点 $P(X, Y, Z)$ の座標は、以下の(2)式のように求まる。

(2)式より、2つのフレーム間でのカメラの移動距離 d 、すなわち車の速さとカメラのフレームレートが既知であれば、対応点の座標を利用することによって3次元情報を算出することができる。

†横浜国立大学 大学院環境情報学府,
Graduate School of Environment and Information
Sciences, Yokohama National University

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{X_1 \cdot X_2 \cdot d}{f(X_2 - X_1)} \\
 Y &= \frac{Y_1 \cdot Y_2 \cdot d}{f(Y_2 - Y_1)} \\
 Z &= \frac{X_2 \cdot d}{X_2 - X_1} = \frac{Y_2 \cdot d}{Y_2 - Y_1}
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

2.3 補正値の導入

対応点検出において車両が直進運動し、カメラの光軸は常に一直線上にあることを仮定した。しかし、実際の車載カメラを考慮すると、路面上の凹凸やエンジンによる振動などによって2つのフレーム間で光軸のずれを生じる。このような場合には正しく3次元情報を求めることができない。本研究では、光軸のずれは、2つのフレーム間における消失点の移動と考え、消失点における対応点を検出することによって、補正値を算出した。あらかじめ、消失点付近においてマッチングを行い、算出された移動ベクトルを、そのフレーム間における光軸の移動量とした。この値を、画像の各座標における移動量から差し引くことによって、光軸のずれによる影響を補正した。

3. 実験

単眼ステレオ法による距離計測実験を行った。実験に用いた画像は、320 x 240 [pix] でフレームレートは15 [fps] の24bitフルカラー画像を用いて実験を行った。入力画像の例を図3に示す。このとき、車の速度は26.8[km/h]である。



図3 入力画像

図4に、入力画像セットと速度情報から算出された距離を距離画像に変換した結果を示す。ただし、輝度値が高いほど距離が短いものとした。また、消失点付近の移動量から求めた補正値を導入した距離画像を図5に示す。ただし、導入した補正値は、x: +2, y: +2である。

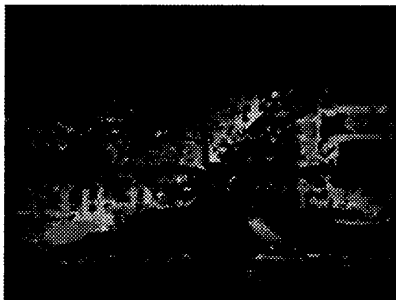


図4 距離画像

図4から、移動ステレオ法によって3次元情報を抽出できることが確認できる。しかし、光軸のずれから生じる距離の誤検出も確認することができる。また、遠方の対象では距離検出がうまくできていないことも確認できる。



図5 補正済み距離画像

図5から、消失点付近の移動量から求めた補正値を導入することによって、この光軸のずれによる影響をキャンセルし、より正確な距離画像が検出できることが確認できる。

4. むすび

本報告では、自動車に搭載する前方環境認識システムとして、単眼カメラを利用した距離検出手法について提案した。自車速度を利用することによって、異なる時刻の2つのフレーム間で、ステレオマッチングを行い、距離を算出する手法について述べた。

さらに、路面状況やエンジンの振動などによって発生する、光軸のずれによる影響を補正する方法についても述べた。最後に、実際に自動車に搭載したカメラから得られた画像に適用させ、距離情報を算出できること、また、補正値の導入が有効であることを確認した。

しかし、測定可能距離や検出不能な対象の存在など、解決すべき課題も示される結果となった。

今後、本研究では、遠方の対象に対する測定精度の向上や、今回の実験では考慮しなかった気象条件における実験の実施と評価などが課題として挙げられる。また、本報告においては直進運動を仮定していたが、カーブ時や、路面の傾きや勾配による影響についての検討なども課題として挙げることができる。

参考文献

- [1] 大江準三, “自動車における情報通信技術の動向,” 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2005-62, pp.31-36 (2005).
- [2] 加藤晋, 美濃部直子, 川合真弓, 津川定之, “ビジュアルガイドによる運転支援システム: HMI 及び協調走行の提案,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2004-647, pp. 13-18 (2005).
- [3] Zehang Sun, George Bebis, Ronald Miller, “On-Road Vehicle Detection: A Review,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.28, No.5, pp.694-711(2006).
- [4] 寺師慎屋, 中林昭一, 大山卓, 徳田清仁, 中川正雄, “見通しの悪い道路における車載ミリ波レーダの可能性,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2002-76, pp.197-202 (2003).