

オプティカルフローを用いた単眼による三次元視法 -消失点を利用した障害物検出に関する一考察- Study of 3D Vision with a Single Eye using the Optical Flow -A study of Obstacle Detection using the Vanishing Point-

古川 達朗[†]
Tatsuro FURUKAWA[†]

広永美喜也
Mikiya HIRONAGA

西村卓也
Takuya NISHIMURA

近畿大学
Kinki University[†]

1. はじめに

障害物回避のために単眼で三次元情報を獲得する手法としてオプティカルフローを用いる方法を伊達ら[1]は提案した。本研究では既に提案された手法に加え、Hough変換を用いて消失点を抽出し、適切に障害物を探索することで精度および汎用性を向上させる方法を提案する。

2. オプティカルフローを用いた三次元視

オプティカルフローとは画像中の物体の動きをベクトルで表したものである。移動するカメラから静止した物体を撮影すると、動画像上ではその物体が見かけ上動いているように見える。このときのオプティカルフローから三次元情報を獲得する。

3. Hough変換

Hough変換は画像中の特徴点を抽出し、その特徴点を最も多く通る直線を決定する手法である。ある画像平面中に存在する特徴点 p の座標を (x_p, y_p) とし、その点を通る無数の直線を考える。その直線から原点に垂線を引いたとき、垂線の長さを ρ 、垂線と x 軸のなす角を θ とすると Eq.(1) が成り立つ。

$$\rho = x_p \cos \theta + y_p \sin \theta \quad (1)$$

Eq.(1)を用いて画像中の n 個の点に対し $\rho - \theta$ 平面に n 本の曲線を描くことができる。このうち m 本の曲線が一点で交わっていればこの m 本の曲線に対応する原画像中の m 個の点は同一直線上にあるということになる。この原理を用いて消失点を抽出し、後述する適応的マスクで用いる。

4. 探索手法

ノイズを抑制するために Fig. 1 に示すカメラの進路を想定したマスクを生成し、マスク外のオプティカルフローに進路からの距離 L に応じて Eq. (2) に示すペナルティ f_p を与える。

$$f_p = \begin{cases} 0 & \text{iff } \gamma = 0 \\ 255 \times \left(\frac{L}{255} \right)^{\frac{1.0}{\gamma}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

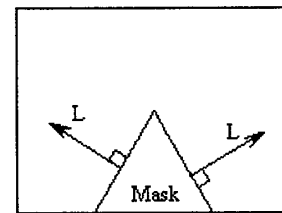


Fig.1 Penalty Mask

4-1 既存手法

4-1-1 Fixed Mask

既存手法である Fixed Mask は消失点が画像の中心にあると仮定し、マスク領域は画像の中心を最上の点とする正三角形である。Fixed Mask は平坦な進路を直進する動画像では適切に障害物を検出できるが中央に消失点がない場合などに検出精度が悪くなることもある。

4-2 提案手法

4-2-1 Moving Mask

Moving Mask は消失点に合わせて Fixed Mask の最上の頂点を平行移動させる。

4-2-2 Rotating Mask

Moving Mask では進路の方向を考慮に入れていないため消失点が左右に移動した動画像では適切に障害物を検出できない場合があった。

そこで Rotating Mask では Fig.2 に示す消失点と画像の下辺の中点 A を結ぶ直線を基準線とし、基準線がマスクの最上の点から底辺を結ぶ二等分線となるように Moving Mask を回転させる。

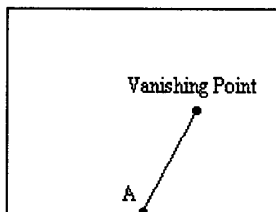


Fig.2 Rotating Mask

4-2-3 Changing Mask

これまでのマスクではマスクの形が常に一定であったため、障害物の大きさによっては検出精度が悪くなる場合があった。Changing Mask では消失点の座標に合わせてマスクの形を変化させる。

5. 誤差の算出法

検出した障害物の大きさを S_d 、座標を (x_d, y_d) とし、正解の大きさを S_t 、座標を (x_t, y_t) とし、Eq.(3) に示す大きさの誤差 E_s 、Eq.(4) に示す座標の誤差 E_p を算出する。

$$E_s \equiv \{(1 - S_d) / S_t\} \times 100 \quad (3)$$

$$E_p \equiv \left[\sqrt{(x_t - x_d)^2 + (y_t - y_d)^2} \right] / S_t \times 100 \quad (4)$$

6. 研究結果

原画像 Original image と消失点画像 Vanishing Point image、Changing Mask を用いて障害物を検出した画像 Result image をそれぞれ Fig.3、Fig.4、Fig.5 に示す。また、既存手法と提案手法の実験結果として、画像の種類ごとに Eq.5 に示す大きさの誤差の2乗和 MSE_s と Eq.6 に示す位置の誤差の2乗和 MSE_p を算出し、結果を Table.1、Table.2 に示す。

$$MSE_s = \sum (E_{s_i})^2 \quad (5)$$

$$MSE_p = \sum (E_{p_i})^2 \quad (6)$$

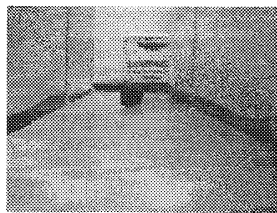


Fig.3 Original image

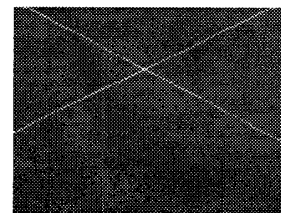


Fig.4 Vanishing Point image

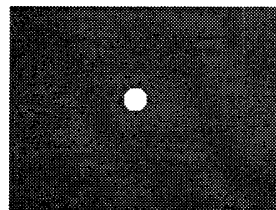


Fig.5 Result image

Table.1 Mean squared errors of the size

	Fixed Mask	Moving Mask	Rotating Mask	Changing Mask
Forward Movement1	25033	29234	23505	26109
Forward Movement2	99159	105014	86001	15033
Forward Movement3	94059	24201	20040	25152
Horizontal Movement	31070	28201	30840	34029
Yawing Movement	32296	17059	16298	16198
Pitching Movement	36162	16043	25158	26461
Rolling Movement	45446	125175	77975	55384
Total	363225	344927	279817	198366

Table.2 Mean squared errors of the position

	Fixed Mask	Moving Mask	Rotating Mask	Changing Mask
Forward Movement1	26040	17456	21725	18715
Forward Movement2	384143	140197	124147	84166
Forward Movement3	146807	16401	9897	25102
Horizontal Movement	23957	60720	61335	29718
Yawing Movement	76839	33688	29290	28533
Pitching Movement	69025	66575	66305	71693
Rolling Movement	183317	303637	302158	130299
Total	910128	638674	614857	388226

7. 考察と今後の課題

Table.2 より Fixed Mask と Changing Mask の結果を比較すると、Horizontal Movement では Changing Mask の方が 20% 程度悪くなったが、Forward Movement2 では Changing Mask の方が 79% 程度良くなるなど全体的に結果が良くなっていることから、提案手法は有効であると考えられる。

参考文献

[1] 伊達、広永、長江、“オプティカルフローを用いた単眼による三次元視法”、映像メディア学会 2004 年

† 近畿大学 大学院 総合理工学研究科
〒577-8503 大阪府東大阪市小若江 3-4-1
TEL. 06-6721-2332 E-mail: furuhei@gmail.com