

時間相関イメージセンサとそのオプティカルフロー検出を用いた Visual SLAM の実装

1180330 坂吉 啓二 【画像情報工学研究室】

1 はじめに

近年、自動車の運転支援システムとして車載カメラによって環境を把握する技術が研究されている。その環境認識の技術の中には Visual SLAM (Visual Simultaneous Localization and Mapping) という画像群に含まれる特徴点を対応付けることによって環境の 3 次元地図の作成と自己運動・自己位置を同時に推定する技術が存在する。しかし、車載カメラから得られる画像は自動車が高速で移動するため、画像に運動方向へのボケが発生し、次フレームにおける対応点探索が困難になるという問題がある。そこで本研究では、時間相関イメージセンサという入射光の時間変動が観測可能なデバイスを用いて対応点探索の問題を回避したオプティカルフロー検出を行い、そのオプティカルフローを用いた Visual SLAM の実現を目的とする。

2 提案手法

本提案手法は、通常の Visual SLAM における特徴点検出や対応点探索、追跡処理の一部を時間相関イメージセンサと荷重積分法から得られるオプティカルフローに置き換えたものになっている。

3 オプティカルフロー検出

オプティカルフロー拘束式は物体の輝度が時間に寄らず一定という拘束条件を元に解かれる。しかし、未知数が速度 u, v と 2 つ存在するため 1 つの拘束式からは解を一意に求めることができない。そこで、オプティカルフロー拘束式が時間相関イメージセンサの露光時間 T 内の全ての時刻 t で成り立つとすると、荷重関数 $\omega(t)$ を適当に設定したときに式 1 が成り立つ [1]。

$$\int (uf_x + vf_y + f_t)\omega(t)dt = 0, \forall \omega(t) \quad (1)$$

ここで、荷重関数 $\omega(t)$ を $e^{-jn\omega_0 t}$, $\omega_0 = 2\pi/T$ とすると、式 1 は式 2 となる。

$$(u\partial_x + v\partial_y)g_{n\omega_0} + [f(x, y, t)]_0^T + jn\omega_0 g_{n\omega_0} = 0 \quad (2)$$

ここで、 $g_{n\omega_0}$ は時間相関イメージセンサから出力される複素相関画像である。積分境界値 $[f(x, y, t)]_0^T$ を $n = 0, 1$ で連立させて消去し、さらに実部と虚部に分離することで各画素の速度 u, v を求めることができる。

4 実験結果

実験環境として、時間相関イメージセンサと壁の間に箱を配置した環境を作成し、時間相関イメージセンサを高速で移動させながら撮影を行った。まず、運動ボケによって特徴点の対応点探索が困難になることを示すた

め、静止した画像と運動ボケした画像の特徴点を図 1 に示す。特徴点検出には画像のボケに強い AKAZE 特徴量を用いた。検出した特徴点の数は静止した画像は 284 個、運動ボケした画像は 29 個となった。次に、本手法で用いるオプティカルフロー検出が有効であることを確認するため、得られた強度画像とオプティカルフローを図 2 に示す。画像に運動ボケが発生していてもオプティカルフローが検出できているのがわかる。最後に、得られたオプティカルフローを用いて環境の形状復元を行った結果を図 3 に示す。

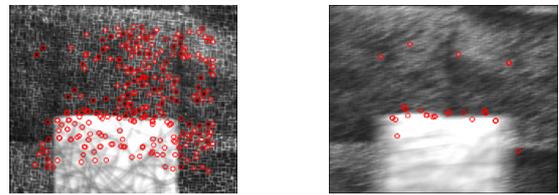


図 1 静止した画像 (左) と運動ボケした画像 (右) の特徴点

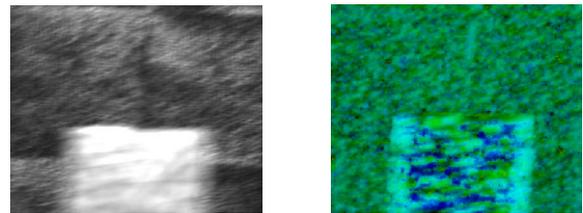


図 2 強度画像 (左) と検出したオプティカルフロー (右)

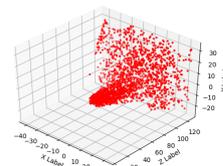


図 3 形状復元結果

5 まとめ

本研究は、Visual SLAM における画像の運動ボケによって対応点探索が困難になるという問題を時間相関イメージセンサとそのオプティカルフロー検出によって回避し、そのオプティカルフローを用いて環境の形状復元を行った。現状、撮影される環境が静止した状態を想定しているため、環境に動物体が含まれた場合は環境の形状復元ができない。今後の課題は、オプティカルフロー検出によって動物体の移動方向がわかることを利用した動物体を含む環境の形状復元である。

参考文献

- [1] 安藤繁, 魏大比, ボルマズレル, “複素正弦波変調撮像によるオプティカルフロー検出理論および時間相関イメージセンサによる実現”, 情報処理学会論文誌, vol. 49, no. SIG6, 2008.