

屋内環境における小型無人機のための消失点推定

石正幸大[†] 佐藤健哉[†]

[†] 同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

1 はじめに

近年, MAV(Micro Air Vehicle) の自律飛行の研究開発が活発となっている. MAV とは, 一般的なドローンの中でも翼幅が 30cm 以下の小型のものを指す. MAV は今後, 災害現場や工場の警備など屋内環境での活躍が期待されている. MAV の自律飛行を実現する上で 2 つの問題が挙げられる. 1 つは, 小型であるためペイロードが小さく, 積載可能なセンサ機器が限られるという点だ. そのため MAV は, 前部に単眼カメラを搭載しているものが大半であり, センサ機器を複数利用して自律飛行を実現することは困難である. もう 1 つの問題は, ある程度の飛行速度が想定されるため, リアルタイム性が求められるという点だ. SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) により, カメラ情報と位置情報から 3D マップを作成する研究も行われているが, 計算コストがかかる問題がある [1]. このような背景から本研究では, 屋内環境における MAV の自律飛行を実現するため, 消失点推定を用いた飛行経路の導出手法を提案する. 提案手法では, 単眼カメラの画像情報を用いており, SLAM のような計算量を必要としない.

2 消失点推定

3 次元上での平行線群をピンホールカメラで撮影して 2 次元上に投影した場合, それら平行線群は画像平面上に消失点を構成する. 図 1 を例に挙げると, MAV のカメラが撮影した画像は図 1 の左上図のようになる. 通路が真っ直ぐに続いている場合, 天井と壁, 壁と床などのエッジは通路の続く方向に向かって収束し, これが消失点となる. 図 1 左上の場合, 消失点は中央の扉上となる. 屋内通路という環境を想定すると, 天井と壁, 壁と床の 4 つエッジが長い平行線として構成され, その通路の進行方向に消失点が構成される. 提案手法は, このような特徴を用いる.

A Method for Estimating Traveling Direction with Vanishing Point for MAV

Yukihiro Ishimasa[†], Kenya Sato[†]

[†]Doshisha University Graduate School of Science and Engineering

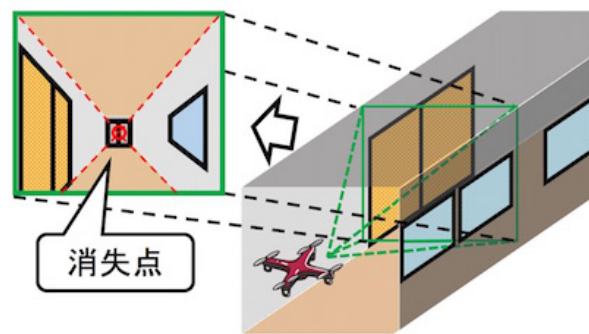


図 1: 屋内通路における消失点の一例

3 提案手法

3.1 概要

提案手法は, 屋内通路を想定して, MAV 全部に搭載されたカメラからの入力画像から消失点推定を行い, その推定結果によって進行可能方向の導出を行う. 提案手法の処理手順を図 2 左に示す. 入力画像から直線データを抽出するために, 本研究では canny 変換と hough 変換を用いる [2]. まず入力画像に対して平滑化処理を行い, canny 変換によって画像内のエッジの抽出を行う. 次に hough 変換によって画像内の直線群の抽出を行い, それら直線群の構成から消失点推定を行う. 消失点推定の処理は次項で解説する.

3.2 消失点推定

前項で述べた手順によって画像内の直線群を抽出した. これら直線群から, 最終的に消失点を算出するための処理手順を図 2 右に示す.

まず直線群をフィルタリングし, 消失点の推定に必要な直線を除外する. 次に直線群からそれぞれの交点を算出する. 画像を縦横に $n \times n$ 個の領域に分割し, 分割領域ごとの交点数を算出する. 最も交点数を多く保有する分割領域に消失点があると仮定して, 消失点の座標を算出する. この消失点が, 屋内通路の進行方向となる.

個々の処理の詳細及び計算式を, 以下で解説する.

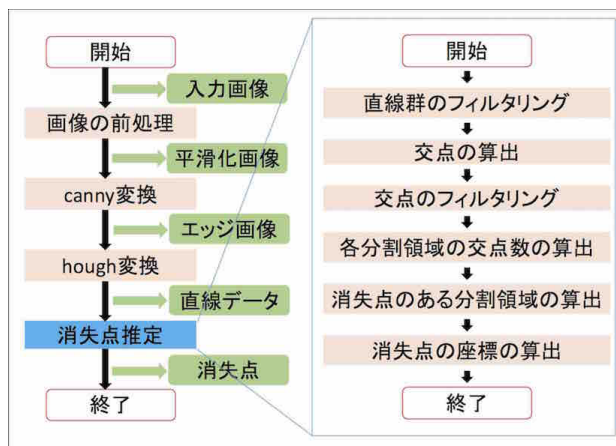


図 2: 提案手法の処理手順

$$G_{a,b} = \sum_{k=1}^K 1(a < \frac{nx_k}{w} \leq a+1, b < \frac{ny_k}{h} \leq b+1) \quad (1)$$

$$(a_v, b_v) = \arg \max_{(a,b)} G_{a,b} \quad (2)$$

◇ 交点のフィルタリング

通路が正確には平行でない場合や画像の歪みが必要因で、一つのエッジに対して複数の直線が検出場合がある。同じエッジから得られた直線の交点は精度が低下する要因となるため、交点群に対してフィルタリングを行う。

◇ 分割領域ごとの交点数の算出

分割領域ごとの交点数の算出に用いる式を式 1 に示す。画像を $n \times n$ 個の領域に分割する。それぞれの分割領域ごとの直線の交点数を算出し、最も交点数の数が多い領域に消失点があると仮定する。 $n \times n$ の分割された領域の集合を G とし、 $G_{a,b}$ はある分割領域における交点の総和を示す。式 1 の条件式によって、 K 個の交点がそれぞれどの分割領域に含まれるのかを算出する。 a, b はそれぞれ縦横方向の領域番号を示す。交点 k の x_k, y_k はそれぞれ交点の座標を示す。 w は画像の幅を、 h は高さをそれぞれ示す。

◇ 消失点のある分割領域の算出

消失点のある分割領域の算出に用いる式を式 2 に示す。最も交点数の多く保有する分割領域の探索を行う。 (a_v, b_v) は、 $n \times n$ 個の分割領域のうち最も多くの交点数を保有する分割領域の番号を示す。

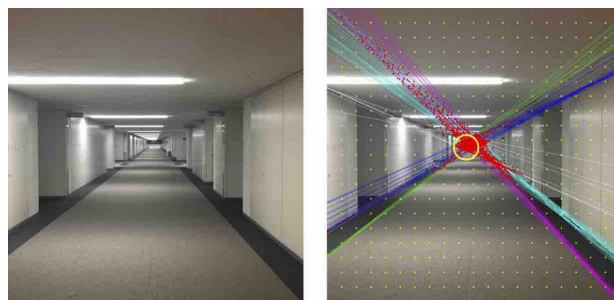


図 3: 実装結果 (左図: 元画像 右図: 消失点推定画像)

表 1: 処理時間

処理	処理時間 (ms)
直線抽出	92ms
消失点推定	39ms
合計	45ms

4 実装結果

実装結果の一例を図 3 に示す。右図の消失点推定画像の、中心部分の黄色い円が提案手法によって推定した消失点である。提案手法の開発言語は python で行い、画像処理には openCV ライブラリを使用した。

大学内の 11 箇所の無作為の屋内通路で実験を行い、計 99 枚の通路画像に対して提案手法を試行した。画像 99 枚に対して、未認識が 4 枚、誤認識が 10 枚となり、残り 85 枚は正しい消失点を導出した。処理時間は表 1 の通りとなった。

5 まとめ

本研究では屋内環境における MAV の自律飛行において、積載量の制限とリアルタイム性を問題として挙げた。この問題に対して、消失点推定を行うことで、通路の進行方向の導出を行う手法を提案した。実験結果から認識率提案手法の有用性を示した。

参考文献

- [1] Cooper Bills, Joyce Chen, Ashutosh Saxena, "Autonomous MAV flight in indoor environments using single image perspective cues", ICRA 2011, Shanghai, China, 9-13 May 2011
- [2] 関真規人, "パーティクルフィルタとハフ変換の仮説統合による消失点の追跡", 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J92 - D, No.1, pp.131 - 140, 2009