

横回転中のブレ映像からの画像特徴量検出

藤原孝幸

北海道情報大学

Image Feature Detection from blurring images in Horizontal turning

Takayuki FUJIWARA

Hokkaido Information University

平成31年 3 月

北海道情報大学紀要 第30巻 第 2 号別刷

〈論 文〉

横旋回中のブレ映像からの画像特徴量検出

藤原孝幸*

Image Feature Detection from blurring images
in Horizontal turning

Takayuki Fujiwara*

要旨

無人ロボットの発展は、産業向けのみならず、一般家庭向けにも、その活躍する場が広がりがつつある。近年は特に無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) が注目されており、特にドローンはその機能性から物資輸送等の実現を試みている。現在、ドローンは種類も増え、GPS などのセンサが充実している機体だけでなく、簡素な構成をもつ玩具のような機体など様々である。一方で、ほぼ全てのドローンにはカメラが取り付けられていることより、本研究においては機種への依存性が低い、ビジョンベースの制御方法を確立することを目的としている。しかしながら、ドローンの機種によってはその飛行安定性より、風や旋回移動ブレによるぼけが画像取得における問題となる。また、制御動作にリアルタイム性が求められるため、低コストな計算量となるアルゴリズムが必要となる。本稿では画像の横方向勾配を効率的に利用することで、横旋回等のブレのある画像においても安定してランドマークを検出する手法を提案する。

Abstract

Multicopter is realized such as utilize of materials transportation in recent years. There are many models of multicopter that not only mounted many sensors but also cheap models. On one hand, almost all of the multicopters are mounted the camera. Then this research aims to realize a vision based control method of the multicopter. However the blurry images obtain from the multicopters are a problem because a part of multicopters can't have stable flight performance. Furthermore these systems require real-time processing and low computational cost. This paper proposes the robust detection method of image landmark by analysis of horizontal image gradient.

キーワード

ドローンの制御 ブレ画像 画像特徴抽出 画像濃度値の勾配情報

* 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科, Associate Professor, Department of Information Media, HIU

1. はじめに

無人ロボットの発展は、我々の生活をより豊かなものに変えていく。移動計画システムを搭載しセンサで物体の形状を検知する家庭ロボット[6]、農薬散布などでつかわれる産業用無人ヘリコプタ[5]、など商業製品としてだけでなく、一般家庭向けにも、無人機が活躍する場が広がりつつある[2]。

最近では手軽に撮影できる機器・飛行ロボットとしても、ドローンが注目されている。しかし、ドローンの性能は機種に搭載されたセンサ等の機能による依存が強く、一般的に高価なドローンはGPSなどのセンサが搭載されており、そのような機種は、ある程度の風速までは安定したホバリングもできる。先行事例として、建物のモデリングを行い、空撮データから工事の進捗管理を行うことでスケジュールの遅れなどを管理するシステムがある[1]。これらの機種の離着陸は自動で、事前に飛行経路を設定しておくだけで空撮映像を撮影し、もとの場所に帰還する。

一方で、特別なセンサに頼るだけではなく、ビジョンシステムにより飛行性能の安定化を図ろうとする取り組みもある。SHIFT [3]は任意の対象を追尾し、画面の中心にくるようにドローンを自動制御する汎用なカメラシステムである。しかし、既存の特徴抽出手法ではコーナーが存在しづらいオブジェクトやブレによるぼけ発生時に安定して追跡することが困難であると考えられる。また、色や形状の情報を用いた手法[7]も提案されており、屋外等の外乱への耐性は検証されているが、静止状態の画像のみを対象としており、ブレによってぼけた画像への対応は難しい。

近年、商業用途レベル等でも導入しやすい価格帯のドローンも普及しているが、安定した飛行に必要な機能は十分とはいえず、そのような機種で品質の高い画像を得るためには、飛行時の環境に左右されやすい。また、

遠隔操作においても、これらのドローンは特に細かい操作では屋外において制御が難しい(慣れた操縦者でも思い通りに飛ばすことが困難)。

そこで、本研究はGPS等の機能がないような機種でも安定した経路による飛行の実現を最終目的として位置づけた[4]。具体的には地面等にマーカを一定間隔で並べておき、そのマーカを順次追跡していくことで、建物のモデリング等に用いることを目的としている。本論文においては、その導入となるマーカ検出について構築したアルゴリズムを報告する。

以下、2章では既存のドローンの問題点を明らかにし、本論文における目的を述べる。3章でカラーコーン検出のアルゴリズムを示し、4章でその実験結果を報告する。

2. 目的

本研究では、導入のしやすさより、近年報告事例の多いAR.Drone2.0を用いる。このドローンは無風状態でも一定方向を向き続けることが難しく、撮影された画像ではブレによる若干のぼけが発生することがあり、発進や停止の際に上下の反動による大きなブレもある。搭載されているカメラでの撮影においては、特に屋外では風の影響を強く受ける。なお、本機種以外でも機体の横旋回時は図1のようにドローンの動作のブレによるボケが強く発生する。

本研究では、マーカを用いた飛行経路制御を目的としているが、上記の通りマーカに向かって飛行するという機能を実装する上で、マーカが画面のどこにあるかを逐次検出する必要がある。マーカの形状が一定であれば画像局所特徴量やテンプレートマッチングを利用することができるが、風や旋回のブレによって画像がボケることより、それらの性能低下が問題となる。すなわち、旋回中のぼけ画像に対するマーカ位置の認識が必須となることより、本論文では画像のぼけに影響されない

カラーコーンの検出アルゴリズムを提案することとする。なお、本手法ではマーカが中心になるような回転動作をすればよいという前提とし、画像中のどこ(横方向の座標)にあるかを検出することを目的とする。

このような用途を考慮し、本システムではドローンの高さが1~3m程度に位置するものとし、コンピュータによるリアルタイム制御下で動作できる範囲の移動・回転速度を処理の対象とする。



図1 回転中のフロントカメラで得た画像

3. カラーコーン追跡のアルゴリズム

3-1 処理手順

カラーコーンの位置検出は図2に示す手順となる。本手法では明度の影響を低減するためCIE L*a*b*色空間を用いている。また、カラーコーンの左右端を検出するという手順において、濃度値の勾配を得る際に、単純に絶対値を得るのではなく、正負の値に分けることで、オブジェクトから得られる左右のエッジを分離することでエッジ抽出の処理を容易にしている。

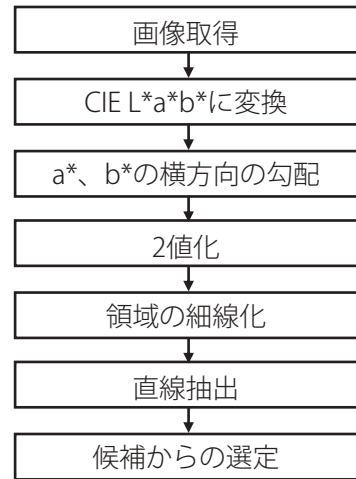


図2 処理の流れ

3-2 CIE L*a*b*色空間を用いた画像2値化

取得したRGB画像から色が定められたカラーコーンを背景から分離させるためCIE L*a*b*色空間で処理をする。なお、立っているカラーコーンを順に追跡することを前提としているため、画像中の縦方向にオブジェクトがあることを想定している。そこで、 a^* 、 b^* 各プレーンの横方向勾配 g_a 、 g_b を得る。求める色が a^* 、 b^* でそれぞれ高い濃度値であれば、その横方向勾配の正の微分値と負の微分値が、領域の左の端と右の端に相当する。そこで、式(1)のように勾配情報の正負を基にした勾配強度の画像を得る。

$$\begin{cases} g_a^+(i, j) = g_a(i, j) & (g_a(i, j) > 0) \\ g_a^-(i, j) = -g_a(i, j) & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

図3に示すとおり、マーカの両端のエッジが強調されているのではなく、左もしくは右の一方のみであることがわかる。また、 a^* における横勾配の正負と b^* における横勾配の正負はどちらも同じ色に対する傾斜となる。そこで、正同士、負同士の画像の和をとることで、 a^* もしくは b^* の個々のプレーンへの依存性を消去している。図4、5はカラーコーン付近を拡大表示おり、図4ではコーンの左側の勾配が強調され、図5では右側の勾配が強調され

ていることが分かる。領域抽出のため、この正の勾配と負の勾配のそれぞれの画像を式(2)のように2値化する。

$$g_p(i,j) = \begin{cases} 1 & (g_a^+(i,j) + g_b^+(i,j) > t_g) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ここで t_g は正の勾配および負の勾配で共通な閾値であるが、事前検討にて定めた値を用いる。この2値化結果 g_p を図6に示す。正の勾配に対する2値化であるため、画面左下のカラーコーンの左側エッジのみが得られていることが分かる。なお、式(2)では正の勾配から g_p を得ているが、同様の手順で得られる負の勾配を2値化した g_m においても右側のエッジのみが得られている。

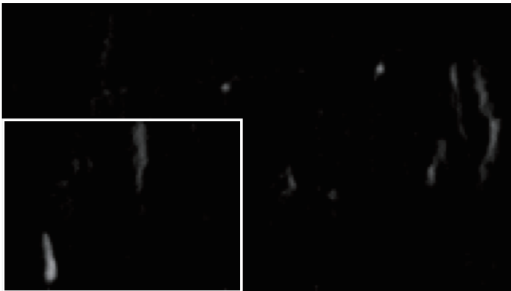


図3 a*の横勾配 (正のみ)



図4 正の勾配(画面左下の拡大)



図5 負の勾配(画面左下の拡大)

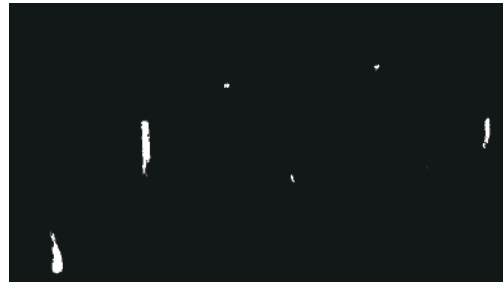


図6 正の勾配値の2値化結果

3-3 カラーコーンの輪郭線の候補の抽出

図6の2値化結果はぼけた画像を入力としているため、カラーコーンと背景との境界幅が広い。実際にはこの中央付近が正しい境界となるため、本手法ではGuo Hallの細線化を用いることにした。なお自明な事ではあるが、ぼけていない画像を用いてもほぼ同じ位置に細線化結果を得ることができる。

細線化結果のみでは、カラーコーンの場所を定める情報として用いることが困難であるため、本手法ではこの細線化結果に対してHough変換を用いて直線を検出する。図7は正勾配から得られた2値画像 g_p に対して、細線化をした後にHough変換で得られた直線を描画した結果である。また、図8は同様に負勾配から得られた2値画像 g_m に対する直線検出の結果を示している。それぞれカラーコーンの左および右側の境界を含め、複数の直線が検出されていることが分かる。これらの縦方向エッジに対する多数の直線検出結果が、次節で述べるカラーコーンの左右端候補となる。

図7 g_p からの直線検出結果図8 g_m からの直線検出結果

3-4 カラーコーンの領域の抽出

カラーコーンの左右端候補からの選定においては、正・負の勾配情報に分割していることを利用する。すなわち、カラーコーンの左側は g_p から得られるエッジ、右側は g_m からのエッジとなる。このようなエッジのペアであり、また上側の点が一定距離以下であることを前提とする。評価値としては、2線分から得られる四角形内の a^* 、 b^* の平均輝度値が、抽出対象の色に最も近くなるペアをカラーコーンの左右端として抽出する。

なお、本手法ではドローンの旋回方向を求めることが目的である。従って、最も単純な例としては旋回するべきか、その方向に留まっているかの制御ができればよいことになる。図9では、カラーコーンの抽出結果として、上側の X 座標の平均としてその位置へ縦線を描画している。

現時点ではカラーコーンの縦幅については求めている。しかし、その実サイズが既知であることより、おおよそのカメラからの距離を求めることができると考えられる。その際には、左右へ旋回する角度についても得られ

ることが期待できる。



図9 出力例

4. 実験

本研究における実験および評価の再現性を確保するため、ドローン制御に必要な各状況下でのカメラ映像を撮影しデータベースとして整備した。大別すると、a)ホバリング中の画像、b)カラーコーン方向へ前進動作している時点での画像、c)旋回動作中の画像、各100枚であり、これらは全て屋内(北海道情報大学体育館内)で撮影した。

これらの画像に対するカラーコーン抽出結果を表1に示す。一部の結果で未検出となったが、全体で安定した性能を得ている。現状で、安定した検出ができるドローン-カラーコーン間の距離を5m程度と想定している。図10においては約5mの距離で問題なく検出している。これら全体の計測時間の平均は52.90msであり、リアルタイム性を有しているとして問題ない計算量である。

画像で確認できる結果としては、旋回によるぼけが非常に強く発生している図11においても検出できていることが分かる。一方で前進時の計測では図12のようにかなり離れている状態が見られた。そのような場合には壁の色と似通っていたため検出が失敗している例もあった。また、カラーコーンの付近にカラーコーンと類似する柱状の物体がある場合、その左右端をコーンの左右端と認識してしまうことがある。このような誤検出を低減

させるため、カラーコーンから得られる特徴量を用いて、色・形状が類似している物体との弁別性を高めるため、機械学種等による検出アルゴリズムの工夫が必要となる。



図 10 ブレなし画像の出力例



図 11 ブレあり画像の出力例



図 12 コーンの検出失敗例

表 1 実行結果

	枚数	エラー数	エラー率
a)	100	0	0%
b)	100	5	5%
c)	100	0	0%

5. まとめと今後の課題

CIE L*a*b*色空間と符号付きの勾配情報を用いた処理により、ぼけ画像でもカラーコーンの安定した位置検出ができる手法を提案した。詳細な旋回角度を得るためには、カラーコーンの縦方向の長さも必要となるため、画像中の横位置だけでなく、オブジェクトのサイズを取得することが今後の課題となる。また、本手法はドローンを制御するためのサー

バ PC 上で動作することを前提としており、その実装および動作の検証をしていく必要がある。

一方でブレの量は旋回や前進の速度と比例するが、定量的な評価には至っていない。今後の安定した画像計測を実現する上で、ブレに関する研究も進めて行く必要があると考えている。

参考文献

- [1] Kespry (2015), www.kespry.com/, (1, Dec., 2018).
- [2] 野波健蔵 (2017) 「ドローン技術の現状と課題およびビジネス最前線」『情報管理』59 巻 11 号, pp.755-763.
- [3] Perceptiv Labs (2015), "SHIFT", flytheshift.com/, (1, Dec., 2018).
- [4] 齋藤千彰・藤原孝幸 (2016) 「カラーコーンの追跡によるドローンの制御」『DIA2016 動的画像処理実利用化ワークショップ講演論文集』 pp.128-129.
- [5] 佐藤彰・中西弘明 (2015) 「産業用無人ヘリコプタの利用状況とその技術」『システム制御情報学会誌』59(6), pp.221-226.
- [6] 田口泰大・下斗米貴之・奥谷一陽・林優介・岡田浩之・大森隆司・福田靖 (2012) 「家庭ロボットの物体移動予測と移動計画システム」『電子情報通信学会技術研究報告, ニューロコンピューティング』111 (483), pp.365-369.
- [7] 武井隼人・武田敦志 (2014) 「色情報と直線検出を用いた AR マーカー検出手法」『情報処理学会東北支部研究報告』。