

複数 Drone の最適回避経路生成

横山 雄太郎†

高丸 尚教‡

前山 貴哉†

† 中部大学大学院工学研究科

‡ 中部大学工学部ロボット理工学科

1 はじめに

近年、Drone と呼ばれる無人航空機が注目を集めている。大型のものから手のひらサイズのもの、回転翼など様々な形態の機種が存在する。2013 年頃にはネット通販大手が Drone を使った商品の配送を検討していると公表し注目を集めた。さらに、カメラを搭載できるモデルの登場により、Drone を用いて空中から撮影することが可能となった。Drone は現在、農作物の生育状況のモニタリング、スポーツイベントの撮影など様々な分野においての活用が期待されている。しかし、急速な普及に伴い様々な課題が生じている。2016 年にはイギリスのヒースロー空港にて Drone と旅客機が衝突する事件が発生し、日本でも国宝に Drone が衝突するなど様々な事件が発生している。その対策として日本では Drone 用に航空法改正を行ったが、緊急時などの場合はヘリコプターなどの有人航空機と Drone などの無人航空機が多数混在する状況ができる。

よって、本稿では多数存在する Drone を力学的な運動エネルギーと位置エネルギーからなるエネルギー超曲面内に射影し、その最小エネルギー経路を利用して、各 Drone の最適経路を見出すことを考える。一般に 3 次元実空間情報からは複数の最小エネルギー経路が発見されることが期待される。そこで、航空法に則った制約を課し、有人航空機と無人 Drone とが共存する状況下でも安全な最適飛行経路を見出す手法を提案する。

2 回避経路生成法

提案する手法は経路の生成、航空法及び国際基準に基づいた回避、緊急回避措置の 3 段階に分けられる。

次節より、各アルゴリズムについて説明する。

2.1 経路の生成

回避経路を生成する前に通常の飛行経路を生成する必要がある。そこ本稿では TCB-Spline[1] と呼ばれる Spline を用いて曲線的な経路を生成した。TCB-Spline の特徴は各制御点を滑らかに必ず通過する曲線であり、なおかつ 3 つのパラメータにより曲線を制御すること

ができる。これにより必ず通らなければならない箇所を制御点として設置することにより自動的に曲線的な経路を計算させることが可能となる。このアルゴリズムは本研究室の先行研究 [2] を元に作成した。

2.2 航空法及び国際基準に基づいた回避

本稿の回避行動については表 1 に記載した国際基準を採用し回避行動を行う。

国際基準では、有人航空機を基準に考えている。そのため、機体が密集していることは想定していない。しかし、本稿は複数 Drone の回避行動を考えなければならないため独自に表 2 に示す規制を設けた。

更に 3 次元実空間に最適経路を生成することが趣旨である。表 2 の規制は左右運動にのみ適応し上下運動は別に回避運動を行う。上下運動の回避は交差点が存在する両方の Drone を回避運動させる。

表 2: 国際基準に基づいた交差点別の回避

Number	内容
1	交差点から遠い機体が回避行動を取る
2	複数の交差点が存在する場合はすべての回避経路の値を合算する
3	国際基準から逸脱する場合は合算値を最適経路として採用する

2.3 緊急回避措置

上記で示した回避方法のみで経路を生成すると合算値を利用していること、さらに交差点が存在しない場合でも Drone 間の距離が近ければ衝突の可能性が出てくる。その場合において緊急回避措置を行う必要がある。本稿では、同研究室の先行研究 [3] を参考に希ガスのモデルポテンシャルとして利用されている Lennard-Jones ポテンシャルのポテンシャル障壁を利用する。具体的には Drone 間のポテンシャルエネルギーを計算する。そして計算値を移動値に変換し、回避経路に加算することにより緊急回避措置を行う。これにより、過度な接近を抑制でき、衝突の危険性を減少させることが可能となる。

Optimal Avoidance Path Generation for Multiple Drones.
Yutaro YOKOYAMA†, Hisanori TAKAMARU‡, Takaya MAEYAMA†
†Graduate School of Engineering, Chubu University
‡Department of Robotic Science and Technology, Chubu University

表 1: 国際基準に基づいた交差角別の回避

交差角	90 度未満	90 度以上 170 度未満	170 度以上 190 未満	別機と衝突の危険性がある場合
回避方法	片方の機体が広い角度の方へ旋回回避	片方の機体が広い角度の方へ旋回回避	片方の機体が右側回避	通常回避する側が直進、直進する側が右側回避

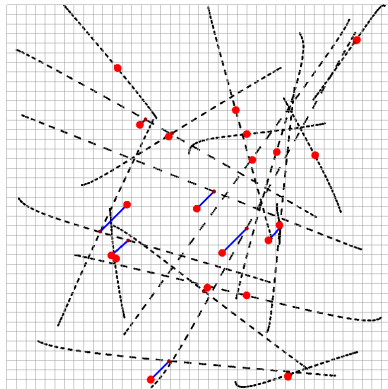
3 結果と考察

回避経路生成法を用いて実行した結果を図 1 に示す。図 1 においての破線は TCB-Spline によって計算された通常軌道を表し、円は実際の回避行動を行っている Drone を表している。更に実線は回避行動によってどれだけ通常軌道から移動したかを表している。

また TCB-Spline による軌道計算用の制御点は乱数を使用している。乱数の使用によって実際に地図データな様々なデータを用いることを想定することでどのような数値にも対応できる。

図 1 の a) から表 1 ならびに表 2 の回避プログラムが正常に働いていることが確認できる。図 1 の b) からは上下方向の回避が正常に行われていることが確認できる。xyz 軸すべてを別々に回避させることにより、Drone が特定空間上に多数存在する状況下でも安全に一定以上の距離を保つことができる。更に現在は Drone のみでのシミュレートだが、有人航空機を特定空間上に配置しても航空法に基づいた回避とポテンシャルエネルギーを用いた緊急回避措置を行うことにより有人航空機を危険に晒すことなく複数 Drone 飛行するシミュレートが可能であると考えられる。

a) z-x 平面



b) x-y 平面

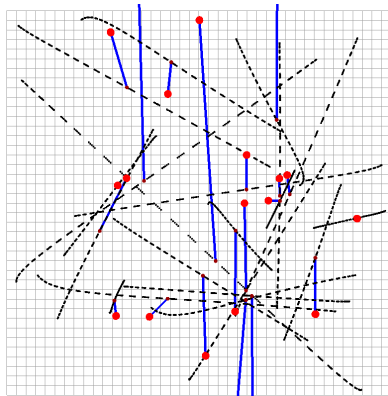


図 1: a) z-x 平面 b) x-y 平面 における回避行動

4 おわりに

航空法による規制とポテンシャルエネルギーによる緊急回避措置を組み合わせにより、複数 Drone の最適回避経路生成を行った。

今後、実際の地図データ及び 3 次元オブジェクトを配置することにより、リアリティの向上と共に実用的なシミュレータの構築を考える。更に、Drone 数の増加と地図データなどによる実行時間の遅延が予想されるため、並列化を進めリアルタイムシミュレータとしての運用を目指す。

参考文献

- [1] D. Eberly. Kochanek-bartels cubic spline(tcb spline). www.geometrictools.com/Documentation/KBSplines.pdf, Feb.14 2008.
- [2] 山本千恵. 3次元仮想空間における自動視点制御. 中部大学工学部情報工学科卒業論文, 2008.
- [3] 横井太一, 山本千恵, 高丸尚教. 3次元仮想空間における Car-Parrinello 法に基づく自動視点決定法. 情報処理学会第 73 回全国大会, 2011.