

ドローン配送におけるルーティングアルゴリズムの研究

広尾学園中学・高等学校 ICTRoom 齋藤智郎

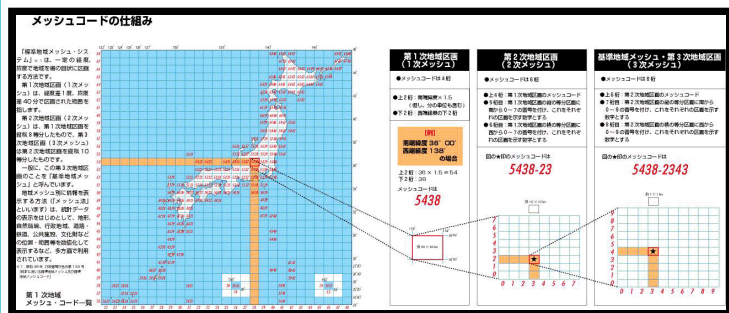
【研究背景】

近年、日本および世界各国で物流量の増加と運送従事者の減少により、「ラストワンマイル配送」は危機的状況に直面している。この課題解決のため、私はドローンによる完全自動化戸別配送サービス「AirBee」の開発に取り組んでいる。本発表では、ドローンの最適ルート決定アルゴリズムについて論じる。ドローンのルート決定には、複数の要因を考慮する必要がある。天候や人口密度などの時間帯依存要素を分析し、安全性の高いルートを設計する。具体的には、複数の配送拠点間をドローンが移動する際、時刻に応じて最適な飛行経路が変動する。さらに、ドローン同士の空中衝突を確実に回避する仕組みも必要である。

【基礎概念・仮定】

【200分の1メッシュ】

我が国には「地域メッシュ」という統計区分が存在する。各メッシュの命名規則は総務省統計局が発行する「地域メッシュ統計の特質・沿革」に記載されている。この制度で定義される最小単位である8分の1地域メッシュは、一辺の長さが約125mである。本研究ではより詳細な区分が必要なため、この8分の1地域メッシュを25等分し、一辺25mの200分の1地域メッシュを新たに定義する。



【状況のモデル化】

本研究の主要目的は飛行理論の構築である。そのため、配送状況を以下のようにモデル化する。XY平面上の2点間で荷物を配送する場合を考える。このとき、ドローンは等速(V)で移動すると仮定する。また、XY平面上の1辺1単位の正方形区画を200分の1地域メッシュ1区画として扱う。各メッシュは、その区画の左下頂点のXY座標で一意的に表現する。

【研究方法】

【通過メッシュの計算】

2点間を結ぶ直線が通過するメッシュを特定するアルゴリズムを開発した。本アルゴリズムは、計算効率を考慮して以下の2段階で処理を行う。

① 特殊ケースの優先処理

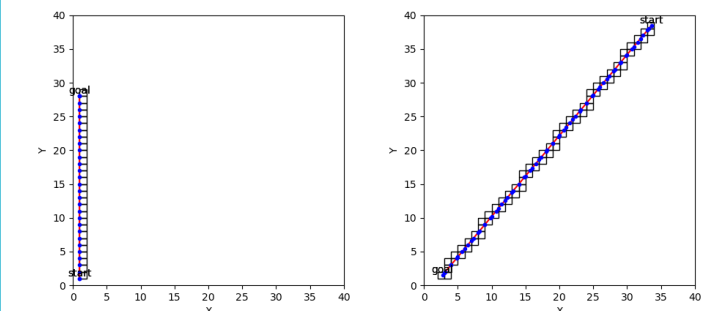
- ・水平線：X座標のみが変化する場合
- ・垂直線：Y座標のみが変化する場合
- ・対角線：傾きの絶対値が1の場合

これらの特殊ケースでは、メッシュの遷移が一意的に定まるため、単純な反復処理で高速に解を得られる。

② 一般ケースの処理

- ・直線の傾きの正負と移動方向(左右)に基づき、4つの場合に分類
- ・各メッシュにおいて、直線が次に交差する可能性のある水平辺または垂直辺を計算
- ・交点座標を用いて次のメッシュを一意的に決定

このアプローチにより、余分な探索を排除し、直線の通過するメッシュを順次特定できる。また、各メッシュの交点座標も同時に記録することで、ドローンの詳細な飛行経路の設計に必要なデータを取得できる。



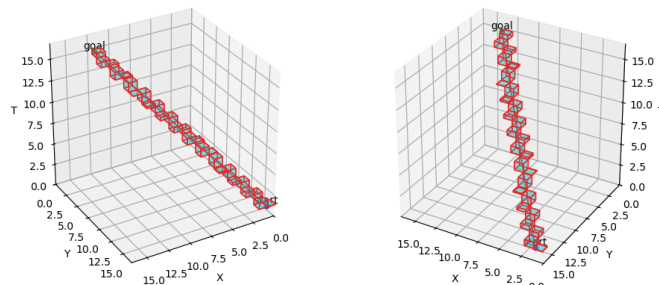
【時間によるメッシュの予約】

上述のアプローチにより通過するメッシュを求めることができた。しかし、XY平面上で2機以上のドローンが飛行する場合、同一メッシュあるいは同一地点での衝突リスクが発生する。この問題を解決するため、各メッシュを時間単位で予約し、予約済みのメッシュには他のドローンが侵入できないよう制御する必要がある。

そこで、XY平面に時間軸(T)を追加し、XYT空間における経路を考える。始点(X1, Y1, T1)から終点(X2, Y2, T2)までの直線を考えると、T2は以下の式で決定される。

$$T2 = T1 + \frac{\sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2}}{V}$$

この式を用いて、各メッシュとの交点における通過時刻を計算することで、それぞれのメッシュの予約時間帯を決定できる。



【結果・成果の公開】

本研究では、複数ドローンの衝突回避を実現するためのXYT空間における経路計算手法を確立した。この手法により、地図上の任意の2点間で、既存の飛行予約と衝突しない最適な飛行経路を算出できるようになった。

また、本研究で開発した「通過メッシュ算出アルゴリズム」は、高速性と正確性を両立している。この成果を社会に還元するため、アルゴリズムをPythonパッケージとしてオープンソースで公開した。



<https://pypi.org/project/gridpath2/>

【今後の展望】

現在開発中の広域ドローン航路決定システムに本アルゴリズムを実装する。これにより、複数の配送拠点間を結ぶ経路において、メッシュ単位での衝突回避が可能となり、ドローンによる戸別配送の実用化に貢献する

【参考文献】

- 総務省 統計局「地域メッシュ統計の特質・沿革」
<https://www.stat.go.jp/data/mesh/pdf/gaiyo1.pdf>
- 環境省 自然環境局「自然環境保全基礎調査 メッシュコードの仕組み」
https://www.biodic.go.jp/kiso/co1_mesh.html