

ドローン飛行網の最適設計手法

浜中 雅俊[†] 塩見 英樹[‡]京都大学医学研究科[†] データ未来研究センター[‡]

1. はじめに

我々は、救急車に先駆けて到着し、救急管制への状況の連絡や、AEDなどの携帯型の医療機器による初期治療を行う「救急ドローン」を開発し救命率を向上させることを目指している。

ドローンは、道路渋滞の影響を受けず、物流や救助など様々な分野での利用が期待されているが、上空を多くのドローンが飛行するようになると、衝突の危険性が増加し、高速で飛行させることが困難になることが予想される。

そこで我々は、ドローン飛行網の設計および飛行網上を飛行するドローンを管制するシステムの構築を進めてきた。本稿では、高速で高燃費にドローンを飛行させることを可能とするドローン飛行網の最適設計手法について述べる。

従来、災害時に被災状況を確認するために飛行させるドローンの経路を最適化する研究が行われていた[1]。しかし、その研究では、道路や鉄道、施設などドローンを飛行させたい箇所が決まっていたそれらをつなぐ経路を最適化するものであるため、巡回セールスマン問題に近い問題設定といえる。

我々の問題設定はそれとは異なり、高速・高燃費で飛行できるように経路自体を設計する。文献[2]では、遺伝的アルゴリズムを用いて高速道路の形状の最適化を行っており、我々の問題設定に近い。しかし、一本の道での500メートルの区間での最適化であり、経路全体での最適化ではなかった。

本稿では、蟻コロニー最適化 (Ant Colony Optimization, 以下 ACO) と群知能最適化 (Particle Swarm Optimization, 以下 PSO) の2つの手法を組み合わせることで、経路およびターミナル (交差点) の位置の両方を最適化する手法を提案する。実験の結果、提案する最適化手法により、各経路の通行コストが平均で12%減少した。

2. ドローンハイウェイ構想

我々は、ドローンを高速に低燃費でより遠くまで飛行させることを可能とするドローン飛行網の設計を行っている。飛行網として、たとえば図1のような格子状の飛行網を採用した場合、様々な方向に飛行することが可能な点は優れているが、経路が山の山頂付近を通っているため山を越えるために大きなエネルギーを必要とするため燃費が悪くなるという問題が生じる。

ドローンが高速・高燃費で効率良く飛行するためには、1) 距離が短いこと、2) 高度変化が少ないこと、3) 直進性が高いことが重要である。

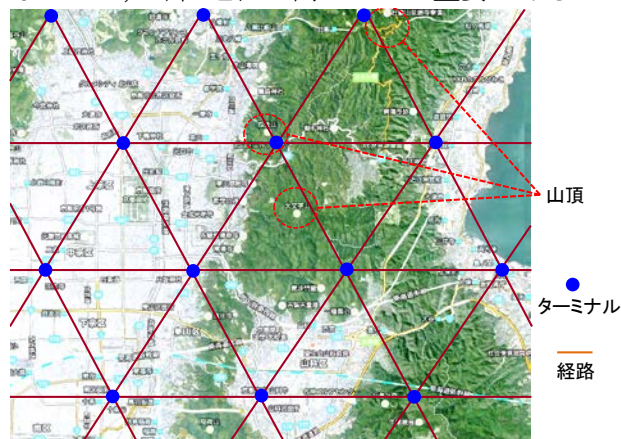


図1：飛行網の例

3. 飛行網最適化

ドローンの飛行経路網を最適化するため、ACOとPSOという2つの手法を導入する。

3.1 ACO (蟻コロニー最適化)

ACOは、フェロモンを使って蟻が効率的に巣から餌場まで移動しているしくみを確率モデルで表したものである。蟻は、巣であるコロニーから餌を取りに出かけるが、餌を見つけるとその一部を持ち帰るが、その際にフェロモンを出しながら帰る。そして、餌を探しに行く蟻はフェロモンを見つけると、その先にある餌を求めてその経路を移動し、帰りにフェロモンを強化していく。フェロモンは、時間と共に蒸発するため、より適した経路が選択される。

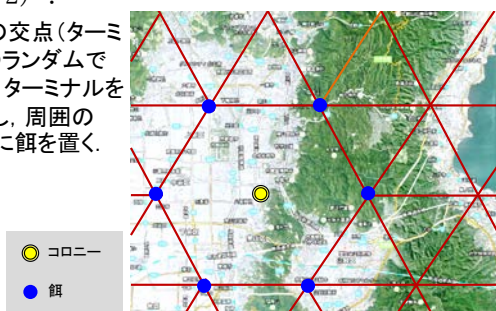
3.2 PSO (粒子群最適化)

PSO は、魚群において一匹が良い経路を見つけると、残りの群れがそれに倣うしくみをモデル化したものである。多次元空間において、最適解を求めようとするとき、位置と速度を持つ粒子群が動き回る。このとき、最も良い値となっている粒子の位置が全体に通知され、また、ローカルなベストな位置にある粒子が近傍に通知される。

3.3 飛行経路網最適化アルゴリズム

ACO と PSO を組み合わせた手法により飛行経路網を最適化する。アルゴリズムは以下の通りである (図 2)。

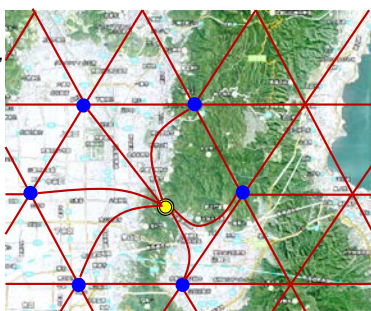
1) 飛行網の交点(ターミナル)を1つランダムで選ぶ。そのターミナルをコロニーとし、周囲のターミナルに餌を置く。



2) ACOにより最適経路を求め、各餌までの平均移動時間を算出する。



3) 様々な位置にコロニーを置きPSOを用いて、最も平均移動時間が最少となるコロニー位置を求める。



4) 1から3を1ステップとし、ステップを繰り返して経路網全体を最適化する。

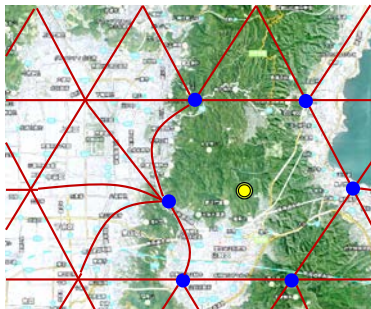


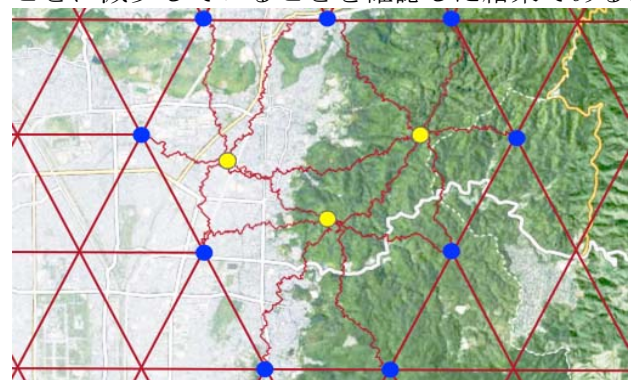
図 2 : 飛行経路最適化アルゴリズム

4. 実験結果

飛行経路の距離を x m, 高度の差を y m, 経路の平均曲率を z m としたとき、最少化すべきコスト関数として次式を定義する。 a, b, c は定数でそれぞれ, 0.08, 0.8, 0.01 とした。

$$f = ax + by + cz \quad (1)$$

高度の差 y m は、地表面から一定の高度で飛行した場合を想定しており、標高の変化に等しい。標高データとしては、陸域観測技術衛星だいち (ALOS) のものを用いる [3]。東経 $135^{\circ} 46'$ から $135^{\circ} 49'$ 北緯 $35^{\circ} 04'$ から $35^{\circ} 01'$ のエリアを 180×180 の格子に分割して最適経路を求めた。ACO は, Antsolver [4], PSO は Standard PSO [5] を使用した。図 3 上は最適化の結果求められた経路, 下は経路の平均コストがステップごとに減少していることを確認した結果である。



[コスト]

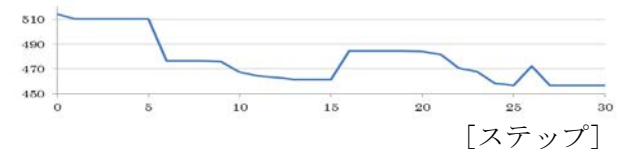


図 3 : 最適化結果

5. おわりに

ドローンの飛行経路を最適化する手法を提案した。実験の結果、提案した最適化手法によって各経路の平均通行コストが 12% 減少した。

参考文献

[1] 松尾, 仲, 巳波: 無人ヘリによる道路・鉄道網の被災情報収集経路決定法, 電子情報通信学会技術研究報告, 情報ネットワーク 112(464), pp. 65-70, 2013.
 [2] 山崎, 本郷, 比屋根, 谷田部: 遺伝的アルゴリズムによる高速道路線形最適化のための線形モデルの検討, 土木学会論文集 No. 758/IV-63, pp. 57-69, 2004.
 [3] 宇宙航空研究開発機構: だいち画像を活用した世界最高精度の全世界デジタル 3D 地図の整備について. http://www.jaxa.jp/press/2014/02/20140224_daichi_j.html
 [4] Solnon, C.: *Ant colony optimization and constraint programming*, ISTE Hoboken, 2010.
 [5] Clerc, M.: *Standard Particle Swarm Optimisation*, HAL open access archive, 2012.