

F-018

商品配送を目的としたドローン利用における リレー配達の提案と効果検証

石井啓大 原嶋勝美

大阪工業大学大学院 工学研究科 電気電子・機械工学専攻

1 はじめに

近年では、コロナウイルスによって外出を控えるためにオンラインショッピングが増加傾向にある。オンラインにおいても宅配システムが用いられることが多い。宅配システムでは交通の影響を受けずに素早く商品の配達が可能でドローンの利用が検討されているが、ドローンには充電量制約による長距離配達に困難である問題が存在する。

本研究では、充電制約下でも長距離配達できるドローンによるリレー配達を提案し、有効性を検証する。

2 提案システム

本章では、提案するリレー配達システムの概要を説明する。全ての配達範囲を全体エリアとする。ドローンは充電量に制約があり長距離の配達に適していない。そこで長距離配達を実現するためにドローン同士でリレー配達を行う。全体エリアを2つのエリア A,B に分割する。図1が示すようにエリア A,B ではエリア内で閉じた配達を行う複数台のドローンが活動する。エリアを越えた配達の場合には、充電量制約のため1台のドローンでの配達に困難となる可能性がある。そこで、図2,3に示すようにエリア A,B の境界に充電拠点を設置する。エリア間配達では(1)「必要であれば充電拠点を充電して1台で配達」と(2)「店から充電拠点まで荷物を運搬したドローンの充電中に配達先エリアのドローンが配達を引き継ぐ」の2つの方法がある。

1 充電拠点：ドローンの充電と運搬引き継ぎ

2 ドローン：店の商品回収、配達

3 店：商品発生場所

5 サーバー：依頼管理

ドローンに配達すべき依頼を掲示
完了した依頼をリストから削除

● 基本配達手順

1. 店舗による配達依頼のサーバーへの登録
2. 店舗エリアの全ドローンに依頼情報のサーバーからの送信
3. 配達中でなく、最も依頼店舗に近いドローンによる受領のサーバーへの登録
4. 配達
5. 配達終了後、ドローンによるサーバーへの完了登録

● エリア間配達

方法 (1)

充電が必要な場合、基本手順の4において

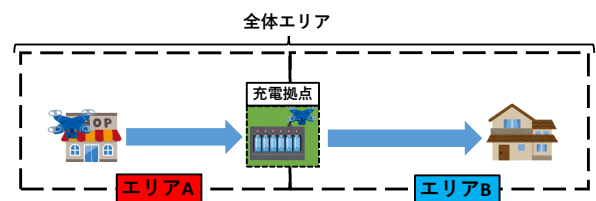


図2 (1) エリア間配達

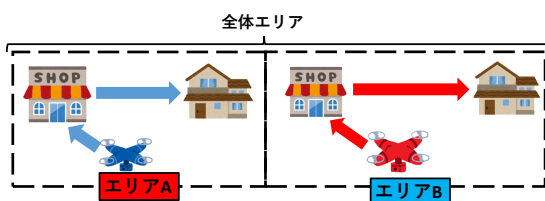


図1 エリア内配達

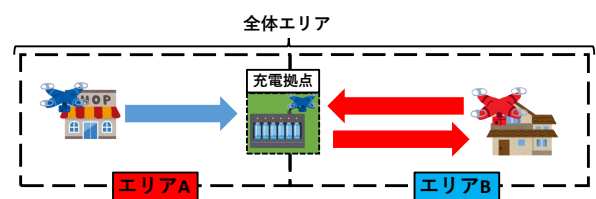


図3 (2) エリア間配達

充電拠点における充電
方法 (2)
手順 4 を以下に分割

- 4-1 店舗から充電拠点へ運搬したドローンによる
リレー依頼をサーバーに登録、充電
- 4-2 配達先の全ドローンにリレー依頼情報を送信
- 4-3 配達先ドローンの中で、配達中でなく、充電拠点に
最も近いドローンによる依頼受領登録
- 4-4 配達

3 実験

3.1 実験条件

本章では、リレー配達の効果検証のためのシミュレーションにおけるフィールドとエージェントについて述べる。本研究では、トラックの通交が困難でありドローンであれば容易に配達できる山側の地域を対象とする。ここでは、大阪府岸和田市周辺を参考に、その地域を拡張したものをフィールドとする。ドローンは以下の性能を持つものとする [1][2]。

- ドローンエージェント
 - － 連続飛行時間：48 分
 - － 垂直移動時間：往復 2 分
 - － 飛行速度：36km/時
 - － 最大積載量：5kg

エリア間発生頻度 (20 件) に対するリレー配達の有無における配達時間を比較した。

- 各エリア 3 台のドローン
- 充電残量
 - － エリア A：余裕有り、無し
 - － エリア B：余裕有り、無し
 - * 余裕有り：エリア内全てのドローンが 80% 以上
 - * 余裕無し：エリア内全てのドローンが 30% 以下

3.2 実験結果

各充電残量条件における、エリア発生頻度に対する配達時間を比較した。1000 回試行の平均配達時間を表 1 にリレー無し、表 2 にリレー有りの結果を示す。

両エリアのドローンに充電の余裕がある場合、リレー有り、無しのどちらも早く完了することができた。家と店以外での荷物の受け取り時間を含めてないことが原因と考えられる。

また、エリア A またはエリア B のどちらかが充電残量に余裕が無かった場合、リレー有りがリレー無しより約 20% の短縮で配達出来ることが分かった。どちらも充電残量に余

裕が無い場合、リレー配達が有れば、店から充電距離までの距離を短縮することができるために 1 件につき約 1、2 分の短縮ができるため、合計約 16 分の短縮が見られ、リレー配達に有効性があることが分かった。

実験結果から、リレー配達を用いれば、充電量に余裕が無い時に時間短縮の配達を実現することができる。充電量に余裕があり、1 台のドローンで配達できる場合は最速で配達することができる。しかし、どちらかのエリアのドローンの充電残量に余裕が無い状況ならリレー配達をすることで配達時間を短縮することができる。

表 1 リレー配達無し

充電残量	エリア B 余裕無し	エリア B 余裕有り
エリア A 余裕無し	43 分 20 秒	31 分 36 秒
エリア A 余裕有り	31 分 28 秒	21 分 32 秒

表 2 リレー配達有り

充電残量	エリア B 余裕無し	エリア B 余裕有り
エリア A 余裕無し	26 分 35 秒	25 分 8 秒
エリア A 余裕有り	25 分 10 秒	21 分 41 秒

4 まとめ

本研究は、商品配達を目的としたドローン利用におけるリレー配達の提案と効果検証が目的である。発生した依頼の配達距離が長く、どちらかのエリアのドローンに充電残量の余裕が無い場合、ドローン 2 台によって、充電拠点を中間配達地点としてリレー配達を行う。

スーパーから住宅地への配達と遠距離での配達のための充電拠点のリレーの活用は、ドローンの充電の制約の欠点を改善することができる。シミュレーションによる検証では約 6～17 分の時間短縮ができた。今後の課題として充電の状況に留まらず、リレー配達の効果を見込むことができる条件を検証する必要がある。

参考文献

- [1] 早川研介, "産業用ドローン市場の展望 —自律制御技術による業務効率化・無人化—", 日本リアルオプション学会機関誌, 第 11 巻, 第 2 号 (2022.05).
- [2] ドローン物流プロジェクト - 楽天ドローン
https://corp.rakuten.co.jp/careers/graduates/projects/project_drone.html (2022.06).