

F-005

ドローンおよびトラック併用配達システムの提案と効果検証

中川凜一 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、オンラインショッピングの利用増加に伴い、宅配される荷物量が増加し、多くの再配達に人手を要することが問題となっている。各企業はコンビニエンスストア(以下「コンビニ」)への荷物配達や時間指定による配達を導入し、再配達の解消を試みているが、未だ十分な効果が得られていない。そこで近年、ドローンを利用してトラック配達の問題を解決しようとする動きが注目されている。しかし、ドローンの配達には以下の問題がある。

- 軽量の荷物の短距離配達に限定される
- ドローンから荷物を受け取る方法が確立されていない

本研究では、これらの問題を解決するために、ドローンとトラックを組み合わせた配達システムを提案し、マルチエージェントシミュレーションによって提案システムの有効性を評価する。ドローンとトラックを組み合わせたコンビニへの配達には、ドローンの弱点を補うことが期待できる。

2 提案システム

本章では提案するドローンとトラックを組み合わせた配達システムの概要について説明する。図1は提案システムの運用概念図である。提案システムは、3つの要素と2つの配達で構成されている。

- 配送センター：ドローン・トラックの拠点
(システム内に1ヶ所)
- トラック：ドローンを搭載し、荷物を停止位置に運搬
- ドローン：コンビニに荷物を配達
(トラック1台に複数ドローングループ)

(1) トラック配達

トラックは、配送センターから停止位置まで一日分の荷物を運搬する。停止位置は、いくつかのコンビニとほぼ等距離の位置にあり、広い駐車場など停車できる場所を想定する。トラックがいくつかの停止位置を回することで、ドローンは短い飛行距離の配達を行えばよい。

(2) ドローン配達

ドローンはグループを形成し、グループ単位で交互にコ

ンビニへ配達する。配達せずにトラックに残っているグループは、充電しながら待機する。現在の停止位置での配達終了後、トラックは次の停止位置に移動する。全ての荷物の配達完了すると、トラックは配送センターに戻り、業務終了となる。

本研究のマルチエージェントシミュレーションによる提案システムの有効性の検証では、ドローンが飛行可能な天候を想定している。また、法律に関しては本研究では考慮しない。

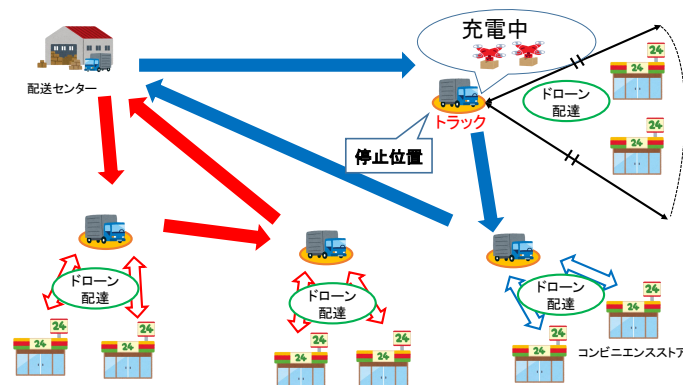


図1 提案システム

3 シミュレーション設定

本章では、提案システム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、人口密度の高い住宅地で配達数が多い地域を対象とする。したがって、全国市町村別2019年度人口密度ランキングにおいて上位であった大阪府門真市周辺を参考に、その地域を拡張したものをフィールドとする。コンビニは荷物の配達先であり、配送センターは荷物の集積所でトラックの発着地点である。

次に、シミュレーションで使用するトラックとドローンについての特徴を示す。

- トラックエージェント
 - 速度：時速40km
 - ドローン搭載
 - 停止位置へ移動

- ドローンエージェント
 - 連続飛行時間：0.8hour
 - 飛行可能距離：40km
 - 最大積載量：3kg

4 実験

本章ではトラックのみで配達した場合と比較することで、提案システムの有効性を検証する実験について述べる。

4.1 実験方法

提案システムに対する実験と、トラックのみの比較実験を以下の条件で行う。

- 提案実験 (2 パターン)
 - トラック：2 台
 - ドローン：1 台のトラックに 2 グループ
 - * 1 台/1 グループ：ドローン 1 台
 - * 2 台/1 グループ：ドローン 2 台
- 比較実験 (1 パターン)
 - トラック：2 台

4.2 実験結果

実験では全荷物数に対する配達に要した時間によって有効性を評価した。配達時間は、トラックが配送センターを出発し、配達完了後に配送センターへ帰還するまでの時間である。図 2 は、各荷物数に対する 3 通りの条件における、100 回試行の平均配達時間を示す。また、表 1 に比較実験に対する提案実験の配達時間比を示す。

ドローン 1 台の場合、荷物数が 300 個以下では比較実験より早く完了することができた。しかし、荷物数が 300 個を超えると比較配達より多くの時間を要した。各コンビニに配達する荷物数が多くなり、ドローンの往復飛行回数が増えたことが原因と考えられる。

また、ドローン 2 台の場合は、荷物数に関わらず比較実験の約 80% 以下の時間で配達を完了することができた。配達時間は 2 時間前後短縮できており、十分な効果を発揮していることが確認できた。

実験結果から、1 日の荷物数に応じて、ドローン台数を変更することができれば、提案実験は一層効果的な配達を実現することができる。さらに、提案システムを用いることで、配達時間の短縮に伴う余剰時間を使用して、他の領域の配達を賄うこともできる。

従来、ドローンを利用した多くの配達システムが提案されてきた。しかしながら、これらのシステムを大量宅配に実際に適用することは現実的ではない。提案システムは、トラックと組み合わせることで、ドローンを使用した高効率の宅配を実現することができる。

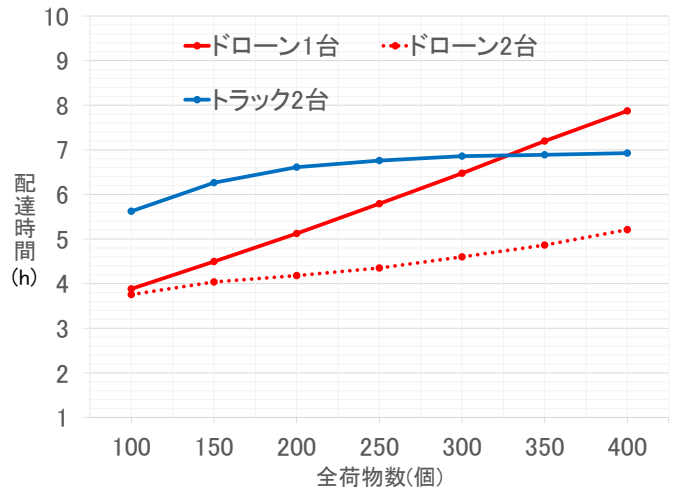


図 2 実験結果

表 1 提案システムと比較実験の配達時間比

	100	150	200	250	300	350	400
ドローン 1 台	0.691	0.718	0.775	0.857	0.944	1.045	1.137
ドローン 2 台	0.668	0.645	0.632	0.644	0.670	0.706	0.753

5 まとめ

本研究は、宅配の問題を解決するためのドローンとトラック併用した配達システムの提案と効果検証が目的である。トラックは、荷物と複数台のドローンを積み込み、既定の停止位置へと移動する。トラックから荷物を積み込んだドローンが交互にコンビニへ配達する。コンビニへの配達と複数の荷物を同時に運ぶことができるトラックの使用は、ドローン配達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 2 割の時間短縮ができた。渋滞発生などさらに現実に近い状況での検証が今後の課題である。

参考文献

- [1] 国土交通省
http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/re_delivery_reduce.html (2019.11).
- [2] 早川研介, "産業用ドローン市場の展望 ー自律制御技術による業務効率化・無人化ー", 日本リアルオプション学会機関誌, 第 11 巻, 第 2 号 (2019.10).