

氏 名	狭間 陽平
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 1 1 8 8 号
学位授与の日付	令和 7 年 3 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学 位 論 文 題 目	ドローン配達スケジューリング問題に対する遺伝的アルゴリズム
審 査 委 員	(主査)准教授 飯間 等 教授 梅原 大祐 教授 軽野 義行

## 論文内容の要旨

ドローンを用いた配達のスケジューリング問題に関する研究がここ 10 年で盛んに行われている。例えば、複数のドローンと小包を積んだ 1 台のトラックがいくつかの地点で停止し、それらの地点（停止点）で停車しているトラックから離陸したドローンが顧客に配達する問題が定式化され、この問題を整数計画ソルバーで解く方法が提案されている。しかし、ドローン台数が増加したり、他の設定が追加されたりすると問題が大規模・複雑化し、整数計画ソルバーでは計算に時間がかかるようになる。このような問題に対しては、複数の解候補を用いることにより短い時間で良好な解を求めようとする遺伝的アルゴリズムを適用することが妥当と考えられる。

本論文では、3 種類の配達スケジューリング問題を定義し、これらの問題を解くための遺伝的アルゴリズムに基づく近似解法を提案する。まず、顧客を停止点とドローンに割り当てる配達スケジューリング問題に対する解法を提案する。提案解法では、停止点への割り当てを遺伝的アルゴリズムで、ドローンへの割り当てをルールで求めている。数値実験の結果、提案解法が整数計画ソルバーより高速に良好な解を求めていることが示されている。

先の問題では、ドローン台数を変更すると、もう一度問題を解かないといけなくなり、台数を変えたときの配達時間への影響などを考察するためには、何度も解法を実行する必要がある。そこで次に、同じ問題に対して、複数の異なるドローン台数のそれぞれに対する近似最適解を短時間で同時に求める解法を提案する。提案解法では、複数の異なるドローン台数に対する解集合を求めるために有用な解表現を用いるとともに、全体の流れとして多目的遺伝的アルゴリズムを活用する。数値実験の結果から、提案解法は良好な解集合を短時間で発見できることが示されている。

最後に、配達だけでなく集荷も行うスケジューリング問題を定式化し、遺伝的アルゴリズムに基づく 2 種類の近似解法を提案する。この問題では、配達先と集荷先の顧客のペアを新たに決定する必要がある。その決定に関して、1 つ目の解法では最大重みマッチングを利用し、2 つ目の解法では貪欲法を利用する。数値実験の結果より、いずれの提案解法も良い解を得ることができ、他の近似解法よりも有効であることが示されている。

## 論文審査の結果の要旨

ドローンを用いた荷物配達システムの開発が進んでおり、実際に運用され始めている。配達に際して、最適スケジューリングを行う必要があるが、この問題は従来のトラックによる配達システムの問題とは異なるため、このスケジューリングを行う解法の開発が近年盛んに行われるようになっている。

学位申請論文では、3種類のドローン配達スケジューリング問題をモデル化し、それぞれの問題に対して、遺伝的アルゴリズムに基づく近似解法が提案されている。遺伝的アルゴリズムは解法の枠組みのみが与えられているだけであり、その詳細部分は各問題に応じて適切に設定する必要がある。提案解法では、それぞれの問題を分析して特徴を見出し、その特徴がアルゴリズムの中に適切に組み込まれることで近似最適解が得られるようになっている。多数の問題例に提案解法と整数計画ソルバーなどの他の解法を適用する数値実験を行った結果が示され、提案解法が短時間に優れた解を発見する能力を有していることが明らかにされており、その有効性が認められる。

学位申請論文は掲載済みまたは掲載決定済みのレフェリー付き学術雑誌論文3編を元に作成されている。これら3編全ての論文において申請者が筆頭著者となっている。

「学位論文の基礎となっている論文」

- (1) Yohei HAZAMA, Hitoshi IIMA, Yoshiyuki KARUNO, Kosuke MISHIMA: Genetic algorithm for scheduling of parcel delivery by drones, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Volume 15, Issue 6, JAMDSM0069, 12 pages, 2021.
- (2) 狭間陽平, 飯間等, 軽野義行: 遺伝的アルゴリズムによるドローン配達スケジューリング—複数の異なるドローン台数に対する同時最適化—, 電気学会論文誌 C, 142 巻, 4 号, pp.499-505, 2022.
- (3) Yohei HAZAMA, Hitoshi IIMA, Yoshiyuki KARUNO: Genetic Algorithms for a Scheduling Problem of Parcel Delivery and Pickup by Drones, IEEE Access, 15 pages, 2025, in press.