

群農業機械を対象とした分割配送計画問題の汎用アルゴリズムの提案

近年、農業の効率化を目的として、テクノロジーを活用したスマート農業への注目が高まっている[1]。農家は複数の圃場に対して複数台の農機(群農業機械)を用いて作業を行っている。その際に(a)各圃場を担当する農機(タスクの割り付け)、(b)各農機が担当する圃場の巡回経路の両者を決定する必要がある。これらにあたって、各農家の農地規模や農機間の仕事量のバランス、1枚の圃場を担当する最大農機数、作業計画に費やせる計算時間(最大計算時間)の条件などに多くのバリエーションがあり、それに対応した汎用的なタスク割り付け・経路生成システム(以下「配車システム」と称する)の開発が必要である。

この問題に対して、従来研究では様々な手法が提案されているが、個別の農家の状況に合わせて条件が与えられた場合にどの手法が適切なのかは明らかではなく、配車システムとして汎用性に欠ける。さらに、各手法ではハイパーパラメータ(アルゴリズムの動作や性能に影響を与える、外部から設定されるパラメータ)が経験的に与えられており、どの手法もその性能が十分に活かされているとは言い難い。以上の理由から、汎用的な配車システムの開発は達成されていないと言える。

そこで、本研究では農業用の汎用的な配車システムの開発を目指した。本研究の課題は大きく2つある。1つ目は、1枚の圃場規模が非常に大きく、2台以上の農機で担当する場合があることを考慮する必要がある点である。2つ目は、個別の農家の状況に合わせて与えられた条件に対して、適切な最適化手法とハイパーパラメータの組を同時に決定する必要がある点である。

これらに対して本研究では汎用配車システムを開発し、効果を検証した。具体的には、1つ目の課題に対して対象問題を分割配送計画問題として定式化し農地グラフの構築によって1枚の圃場における複数台での作業を考慮した。2つ目の課題に対しては、分割配送計画問題を扱うことのできる最適化手法候補を従来研究から網羅的に選定し、各最適化手法のハイパーパラメータも併せて、与えられた条件に対して最良解を得る設定をグリッドサーチによって調べた。つまり条件に応じた適切な最適化手法ならびにその手法における適切なハイパーパラメータを導出した[2]。

シミュレーションの結果を表1に示す。農地規模が小さい場合は焼きなまし法、規模が大きく計算時間が短い場合は局所探索法が優れていることが示され、農地規模に応じたハイパーパラメータの値が導出された。今後はより多くの農地条件やメタヒューリスティクスを対象として実験を行い、適切なアルゴリズムを選択するために必要な特徴量の抽出等、汎用的な農業用配車システムの開発をさらに進めていく。

表1 農地規模と最大計算時間に応じた最良な最適化手法とハイパーパラメータの組

		最大計算時間 (sec)			
		1	10	100	1000
農地規模	大	局所探索法	局所探索法	局所探索法	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.999)
	中	ACO (蒸発率, 初期フェロモン量, 付与フェロモン量) =(0.9, 10, 0.1) ほか	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.99999)	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.9999)	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.999)
	小	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.999)	SA (初期温度, 冷却率) =(50, 0.9999)	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.99999)	SA (初期温度, 冷却率) =(25, 0.999)

Keywords: スマート農業, マルチエージェントシステム, 分割配送計画問題, メタヒューリスティクス

References

- [1] Ju, C., Kim, J., Seol, J., & Son, H. I. (2022). A review on multirobot systems in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 202, 107336.
- [2] Hayakawa, K., Miyashita, S., Fujiwara, N., Takamido, R., Ota, J. (2024). A versatile task allocation system for agricultural operations by formulation with a split delivery vehicle routing problem. Proc. 2024 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM). , 1056-1060.