

群 AGV の動特性を考慮した動作計画における探索の高速化

生産・物流の自動化を背景に、AGV (Automated Guided Vehicle) を用いた物資の搬送が広く行われている。通常 AGV は複数台が同時に運用され、搬送要求に従って互いに干渉のない経路を走行する。生産性向上のためには、それぞれの搬送要求を短時間で満たすことが求められる。また、搬送要求が与えられてから動作を計画するために、計算も短時間で終了する必要がある。優れた動作計画と短時間での計算を両立することが重要である。

複数エージェントに対し、干渉がない経路を計画する問題は MAPF (Multi-Agent Path Finding) 問題と呼ばれる。MAPF 問題の解法の一つである CBS (Conflict-based search) [1] をベースとした AGV の動特性を考慮した動作計画法が提案されている[2]。この手法は優れた動作を計画できることが示されたが、計算時間が長く、特に狭窄部がある環境下では AGV の台数に伴い計算時間が増加することが指摘されている。本研究では、CBS をベースとした AGV の動特性を考慮した動作計画法に、貪欲な探索手法と機械学習を適用することによって計算を高速化することを目指した。CBS では、MAPF 問題を単一エージェントの動作計画問題と、それらを組み合わせた際の干渉ごとの優先情報の組み合わせ問題の 2 つに分割して扱う。この際、前者では A*探索を、後者には最良優先探索を用いていた。提案手法では、A*探索を重み付き A*探索もしくは機械学習を利用した A*探索で置き換え、最良優先探索はビームサーチで置き換えた。重み付き A*探索・ビームサーチは貪欲な探索手法として知られている。これらのパラメータの組は、10 台の AGV に対してグリッドサーチを行うことによって優れたパラメータを調べた。次に、機械学習を利用した A*探索の詳細について述べる。探索の効率化・干渉が少ない経路の計画を目指して、動作計画結果から逆算した各ノードからゴールまでの最適コストの値を教師データとしてヒューリスティック値を推論するモデルを提案した (Fig. 1)。ここで、モデルの入力はベクトル情報と画像情報の 2 種類あり、ベクトル情報には AGV の向き、速さ、ゴールでの向き、従来のヒューリスティック値の 6 次元、画像情報は障害物情報、現在位置、ゴールの位置、他エージェントの位置、他エージェントのゴールの 5 チャンネルである。1 台(1000 試行)、2 から 10 台(各 100 試行)の動作計画結果を訓練データとし、シミュレーションによって提案手法の評価を行った。搬送システムを模したレイアウトにおいて、ランダムにタスクの組を選択し、10 台の AGV に対して展開ノード数と計算時間、動作計画の質(各 AGV の走行時間の和、Sum-of-Costs)を評価した。結果を Fig. 1 に示す、機械学習を利用した手法は重み付き A*探索を利用した手法に対し、上位展開ノード数を減少させ、計算時間を短縮しながら動作計画の質は下げないことが示された[3]。

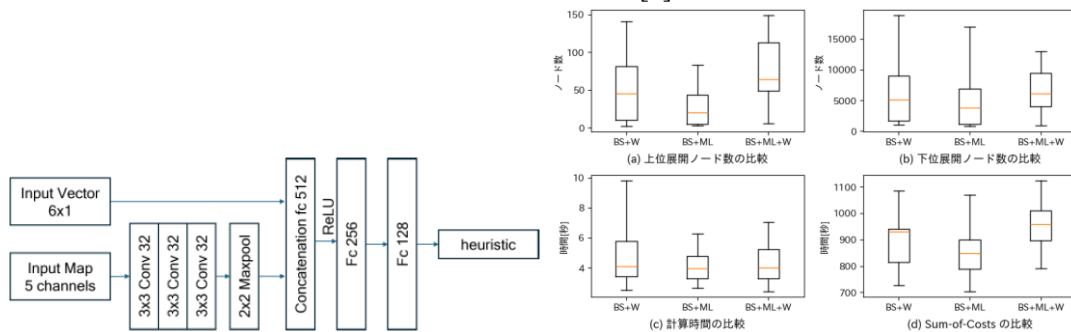


Fig. 1 左：提案モデル，右：シミュレーション結果 (BS：ビームサーチ，ML：機械学習，W：重み付き A*探索)

Keywords: Automated Guided Vehicle, Motion Planning, Multi-Agent Path Finding

References

- [1] Shron,Guni, Stern,Roni, Felner,Ariel, Sturtevant,Nathan R., (2015). Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding. Artificial Intelligence, vol.219, pp. 40-66.
- [2] Shimizu,Tomoaki, Tanedao,Kosuke, Goto,Ayumu, Hattori,Tomoya, Kobayashi,Toyokazu, Takamido,Ryota, Ota,Jun. (2023). Offline Task Assignment and Motion Planning Algorithm Considering Agent's Dynamics, 2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA), pp. 239-243.
- [3] Kawawaki,Sohta, Goto,Ayumu, Taneda,Kosuke, Muranaka,Takeshi, Enoki,Yuji, Kobayashi,Toyokazu, Hattori,Tomoya, Takamido,Ryota, Ota,Jun. (2024). Multi-AGV motion planning using greedy search algorithms and learned heuristics. Proc. 2024 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM). , 1539-1544.