

多数の移動ロボットによる搬送作業を効率的に制御する運行管理システム

Operation Management System Capable of Efficiently Controlling Multiple Mobile Robots for Transportation Tasks

移動ロボットの走行ルート・スケジュールを自動生成する技術と、仮想的な経由点を設けた交差点通過順序を制御する技術で、渋滞や衝突なく多数の移動ロボットが効率的に搬送業務を実行

労働人口の減少が深刻化する中、自律性を持たせた移動ロボットの活用が期待されています。多数の移動ロボットを運用・管理するシステムでは、移動ロボット同士の順番待ちによる渋滞や鉢合わせによる衝突などにより、システム全体の作業効率が低下します。

東芝は、搬送業務を行う大規模なシステムをモチーフとして、状況に応じて走行ルート・スケジュールを生成する技術、仮想的な経由点を設けた衝突回避技術、及び交差点の通過順序を管理する技術を開発しました。開発したこれらの技術を運行管理システムに搭載することで、多数の移動ロボットが渋滞・衝突することなく搬送業務を効率的に実行し続けることを、実機の移動ロボットで検証しました。

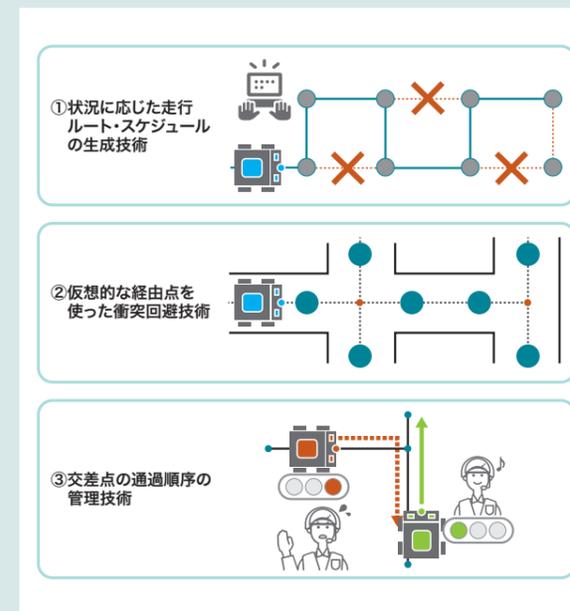
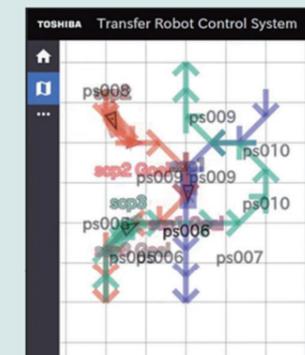


図1. 多数の移動ロボットを制御する運行管理システム

状況に応じた走行ルート・スケジュールの生成技術、仮想的な経由点を使った衝突回避技術、及び交差点の通過順序の管理技術で構成されています。



(a) シミュレーションによる評価



(b) 実機移動ロボットによる動作検証

図2. シミュレーションによる評価と実機移動ロボットによる動作検証
様々な状況を想定したシミュレーションで完成度を高め、実機移動ロボットを使ったリアルな環境で動作を検証します。

背景と課題

人手不足やコスト削減のために、自律性を持たせた移動ロボットを活用した自動化が進んでいます^{(1),(2)}。搬送業務を行う大規模なシステムでは、計画していたスケジュールに乱れが生じてもシステム全体の作業効率を低下させずに運用することが、求められています。

これまでのシステムでは、ルールどおりに移動ロボットを制御し、ルールから外れた場合は一旦システムを停止させてリカバリーする作業が必要でした。このため、移動ロボットの台数が増えて搬送業務の種類が多くなると、渋滞や衝突が発生しやすくなり、システム全体の作業効率を保ちながらミスなく制御することは困難でした。

そこで東芝は、これらの課題を解決するために、搬送業務を行う多数の移動ロボットを効率的に制御する、運用管理システムを開発しました。

走行ルート・スケジュールの生成

あらかじめ決められた走行ルールを用意するのではなく、刻一刻と変化する状況に応じて走行ルート・スケジュールを生成する技術^{(3),(4)}が望まれています。そこで、荷物の搬送元と搬送先の場所や、移動ロボットの位置・走行状態、移動ロボットが走行する経路の状態などを考慮して走行ルー

ト・スケジュールを生成する、運行計画ユニットを開発しました(図1の①)。

仮想的な経由点の設置

これまでの移動ロボットの移動指示には、交差点の直上に経由点を設けていました。この方法ではタイミングのずれが生じると、交差点で移動ロボット同士が衝突したり、交差点の通過順序が入れ替わったりするという問題が起きます。そこで、交差点の直上から一定の距離離れた手前と奥の位置に仮想的な経由点を設置し、その経由点に移動指示をする方法を考案しました(図1の②)。これにより、交差点での移動ロボットの衝突を回避できます。

通過順序の管理

交差点の通過順序は、運行計画ユニットが生成する走行ルート・スケジュールから算出し、運行管理システムが管理します(図1の③)。

移動ロボットは、交差点手前の経由点に到達した際、運行管理システムにその交差点の通過許可を確認します。交差点の通過順序でない場合には、その移動ロボットは通過できません。この方法で、交差点の通過順序を遵守できます。また、走行ルート・スケジュールを再生成することで交差点の通過順序が見直されるため、通過待ちし続けること

を防ぎます。

シミュレーターの開発

メッシュ状の搬送路を設定し、複数の搬入場所から別の複数の搬出場所に荷物を運ぶ、シミュレーターを開発しました(図2(a))。そしてランダムに搬入・搬出場所を変更する搬送業務を、定期的に追加しました。運行管理システムは、搬送業務の追加タイミングで走行ルート・スケジュールを見直すようにしました。これにより管理者の操作が不要となり、運行管理システムが統制して移動ロボットを制御できます。様々な状況を想定したシミュレーションを行って、移動ロボットが渋滞や衝突を引き起こすことなく搬送業務を実行し続けることを、確認しました。

実機での動作検証

当社の生産技術センターが開発した自律搬送ロボット⁽⁵⁾を用いて、実機での動作検証を行いました(図2(b))。レイアウト作成や実機サイズに応じた仮想的な経由点の設定など、実機移動ロボットに必要なセッティングをした後、動作検証を実施しました。その結果、システム全体が停止することなく、3台の移動ロボットが4時間にわたって搬送業務を実行し続けました。

今後の展望

多数の移動ロボットを効率的に制御する運行管理システムを開発し、実機での検証によりその有効性を確認しました。今後は、より大規模なシステムに適用した評価を進め、実運用に向けて取り組んでいきます。

文献

- 山本大介, ほか. 短期間で構築可能な自律移動ロボットシステム. 東芝レビュー. 2019, 74, 4, p.29-32. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/04/74_04pdf/a08.pdf>. (参照 2022-02-14).
- 平山紀之, ほか. 効率的なロボット開発を実現するソフトウェアプラットフォーム. 東芝レビュー. 2019, 74, 4, p.16-19. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/04/74_04pdf/a05.pdf>. (参照 2022-02-14).
- Vis, I. F. A. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. Eur. J. Oper. Res. 2006, 170, 3, p.677-709.
- Chen, T. et al. On the Shortest and Conflict-Free Path Planning of Multi-AGV System Based on Dijkstra Algorithm and the Dynamic Time-Window Method. Adv. Mater. Res. 2013, 645, p.267-271.
- 東芝. “自律搬送ロボット SCP-AGV”. 生産技術センター. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/manufacturingAssets/cmc/rd/core/files/product/11.pdf>. (参照 2022-02-14).

山下 道生

研究開発センター 知能化システム研究所 メディア AI ラボラトリー
日本機械学会会員