

かご台車の間隔を詰めて配置することで 倉庫スペースを有効利用する自律移動技術

Autonomous Mobile Technology to Decrease Intervals between Roll Box Pallets for Efficient Use of Space
in Physical Distribution Warehouses

かご台車の位置・姿勢を高精度に算出する技術と 配置位置へかご台車を移動する技術で自律配置を実現

物流業界では、需要が増加する一方で、労働力確保が課題となっています。人手不足を補って生産性を向上させるために、東芝は物流現場におけるかご台車の自律搬送ロボットを開発しています。かご台車搬送作業の中でも特にかご台車を配置する作業では、倉庫スペースの有効活用が求められます。これを実現するには、配置済みかご台車の隣に間隔を詰めてかご台車を配置する必要があります。東芝は、配置済みかご台車の位置・姿勢を算出し、決められた間隔で、かご台車を自律的に配置する技術を開発しました。実験の結果、位置誤差 ± 135 mmでかご台車を配置でき、縦間隔300 mmでの配置に必要な精度を達成しました。

背景

物流業界では、需要増加に対応するための労働力確保が課題となっています。物流現場では人手でかご台車を搬送しており、この搬送作業の自動化による生産性向上を実現するために、東芝は自律搬送ロボット⁽¹⁾を開発しています。自律搬送ロボットは、搬送元で指定された位置に配置されたかご台車の下に潜り込んで接続する作業、搬送先の近傍へかご台車を搬送する作業、及び搬送先で指定された位置にかご台車を配置し切り離す作業の三つを自律的に行うことができます。

また、物流現場では倉庫スペースを有効に活用するために、多数のかご台車をできるだけ間隔を詰めて配置することが望まれます(図1)。この作業では、配置済みかご台車の位置と姿勢を算出する技術と、算出結果を基に決定した配置位置に向かって隣のかご台車と衝突しないようにロボットを精密に移動する技術が不可欠です。例えば、配置済みかご台車に対して縦方向300 mm間隔に位置誤差 ± 150 mm以下で配置するとします。これを実現するには、配置済みかご台車の算出位置誤差 ± 70 mm以下、姿勢誤差 $\pm 2.0^\circ$ 以下で、この算出結果を基に決定した最終的な配置の目標位置の誤差を、 ± 100 mm以下とする必要があります。更に、移動制御による位置誤差を加えて、全体で誤

差を ± 150 mmに抑えなくてはなりません。精度が不足すると、ロボットが配置済みかご台車に衝突したり、かご台車を配置する間隔が想定した最大値よりも大きくなったりするおそれがあります。

配置済みかご台車の位置の算出

かご台車の配置位置を決定するために、レーザーキャナーを用いて、周辺の配置状況を確認します。配置済みのかご台車の側面でレーザーが反射された点を観測点とし、観測点までのレーザーの往復時間を計測することでその距離を算出します(図2(a))。この観測点を上から見たものを図2(b)に示します。従来技術⁽²⁾で、これらの観測点から、次のとおりかご台車の位置・姿勢を算出します。はじめに、上から見たかご台車の形状を線分の組み合わせで表現したものを外形モデルとします。次に、算出に必要な4点の観測点をランダムに選択して外形モデルの位置・姿勢を算出することを、繰り返します。得られた多数の外形モデル位置・姿勢から、外形モデルを構成する線分と各観測点の距離が指定したしきい値内(20 mm以下)に存在するか否かを確認し、その条件に合う観測点の数が最も多いもののかご台車の位置・姿勢とします。しかし、かご台車は側面が網目構造であるためにレーザーが側面をすり抜け、かご台車の中にある荷物から観測点を取得することがあります。こ



図1. 搬送先でのかご台車の整列配置作業

物流現場の空間を有効に活用するために、かご台車をできるだけ間隔を詰めて整列して配置することが望まれています。

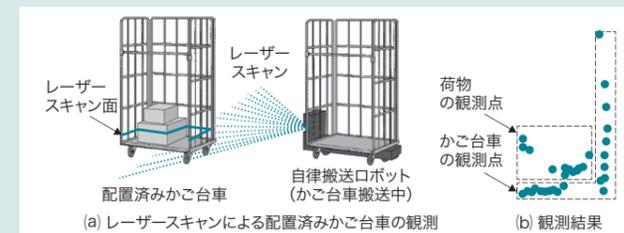


図2. レーザースキャンによるかご台車の観測と観測結果

レーザーキャナーを用いて網目構造のかご台車を観測すると、かご台車の中にある荷物からも観測点を取得してしまいます。

のため、誤った位置・姿勢を選択し、かご台車の位置・姿勢を正しく算出できないという問題がありました。

そこで、かご台車の中の荷物の影響を排除して、かご台車の位置・姿勢を算出する技術を開発しました。この技術では、はじめに、従来技術と同様に算出に必要な4点の観測点をランダムに選択します。次に、取得した観測点と複数の外形モデルを合わせる際に、図3のように外形モデルより内側にある観測点を評価対象から除外し、外形モデルの線上に存在する観測点を正の評価値、外形モデルより外側に存在する観測点を負の評価値とし、全観測点に対する評価値を合算します。そして、得られた外形モデルの中から最も評価値の高い外形モデルを選択することで、かご台車の位置・姿勢とします。

実験の結果、この手法では網目構造で中の荷物が見える状態であっても、縦の位置誤差 ± 62.4 mm、姿勢誤差 $\pm 1.42^\circ$ で、かご台車の位置・姿勢を算出でき、これを基に決定した最終的な配置の目標位置の誤差を ± 81.4 mmとすることができ、目標精度を達成しました。

狭い場所での配置位置への移動

配置済みかご台車に対して、できるだけ間隔を詰めて隣の位置に移動する際に、狭いと大きな旋回ができません。この制約下でロボットを移動制御するために、配置位置に向かっ

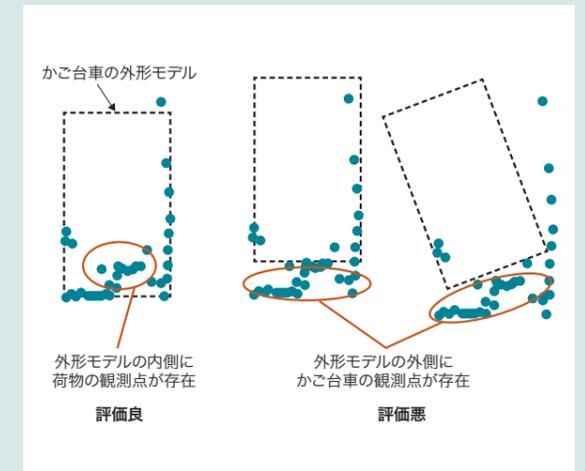


図3. 荷物から取得される観測点の排除によるかご台車の位置・姿勢の算出精度向上

外形モデルの外側に存在する観測点を負の評価値として合算することで、かご台車の位置・姿勢の算出精度が向上します。

て滑らかな曲線を描くように、旋回と並進移動を同時に行う技術を開発しました。これにより、配置済みかご台車と衝突することなく、かご台車を配置できることを確認しました。

また、実機で縦間隔300 mmでのかご台車配置を評価した結果、位置誤差 ± 135 mmで配置でき、目標精度を達成しました。

今後の予定

今後は、開発した技術を現場での運用に導入していくとともに、かご台車配置作業の処理時間の短縮を目指します。これにより、物流現場でのかご台車搬送自動化を進め、物流現場の生産性向上に貢献します。

文献

- (1) 山本大介, ほか. 短時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2022-04-01).
- (2) Fischler M.; Bolles R. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. Communications of the ACM. 1981, 24, 6, p.381-395.

宮本 拓弥

生産技術センター
ロボット製品化技術推進プロジェクトチーム