

状況変化に応じた動作で多様な物品の ピッキングを実現するロボット計画制御技術

Planning and Control Technology for Picking Robots Enabling Handling of
Various Objects According to Changing Conditions

“落としそう”や“落とした”を自ら判断し、適切な動作で物品 を確実につかんで搬送するピッキングロボットを実現

近年、物流現場での自動化・省人化の流れが加速しています。東芝は、物流現場で物品のピッキング作業を自動化するピッキングロボットを開発しています。多様な形状や保管状態の物品を確実に把持搬送するためには、不安定な把持や落下といった把持状態の変化を都度判断し、ロボットの動作に反映する技術が必要です。そこで、ロボットが物品をどの程度安定して把持できているかを定量的に推定し、安定性に応じてロボットの動作を制御する技術と、物品の落下を検出し、落下位置に応じた動作経路を再生成する技術を開発しました。その結果、重量物を含む28種類の物品について、ピッキング成功率が78.6%から94.5%に向上しました。

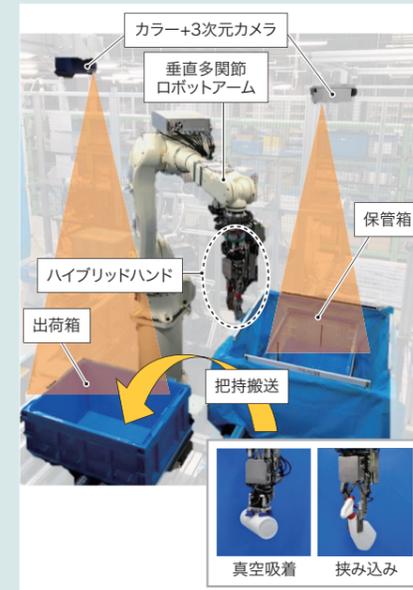


図1. ピッキングロボットの基本構成

吸着と挟み込みの切り替えが可能なハイブリッドハンドにより、多様な物品をピッキングします。

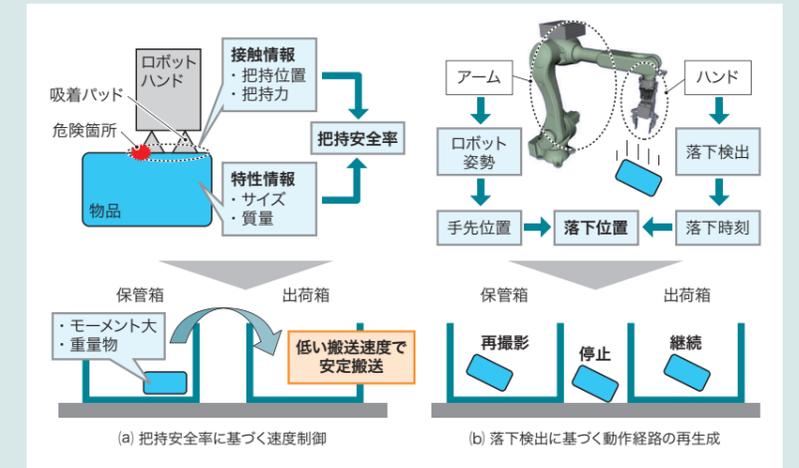


図2. 状況変化の検出に基づく動作制御技術

把持状態の推定や落下検出時の落下位置推定により、状況変化に応じた動作制御を実現します。

ピッキングロボットの需要と課題

近年、少子高齢化による人手不足や、eコマース(電子商取引)の拡大などに対応するため、物流現場での自動化・省人化の流れが加速しています。中でも、物品を保管場所から移載するピッキング作業は物流倉庫運用コストの55%を占めているとされ⁽¹⁾、こうした作業を自動化するピッキングロボットの需要が高まっています。一方で、物流倉庫では数千～数十万種類もの物品を扱うこともあり、多様な物品を確実に把持して搬送することが課題です。そこで東芝は、対象物品に合わせて把持方式を切り替えるハイブリッドハンドと、認識・計画・制御で構成した知能化技術により、多様な物品を自動でピッキングするピッキングロボットを開発してきました⁽²⁾。

開発したピッキングロボットの基本構成を、図1に示します。6軸垂直多関節型ロボットアームに、吸着方式と挟み込み方式を切り替えられるハイブリッドハンドを搭載しています。実行するタスクは、保管箱に入っている物品を一つずつ取り出し、出荷箱の中に配置することです。保管箱と出荷箱の中の物品は、いずれも上方に設置されたカラーカメラ及び3次元カメラで認識されます。

ピッキングロボットが多様な物品を確実に把持搬送するためには、計画した動作をそのまま実行するのではなく、物品の把持状態の変化に対応してロボットを制御する技術が必

要です。そこで、物品の把持状態を把持安全率として定量的に推定し、搬送速度を制御する技術と、物品の落下を検出し、落下位置を推定して適切な動作経路を再生成する技術を開発しました。

把持安全率に基づく搬送速度の制御技術

ピッキングロボットが把持状態を推定するための指標として、把持安全率を定義しました(図2(a))。把持安全率は、物品の把持搬送状態を力学モデルで表現し、落下のしにくさを定量的に定義したものです。把持安全率は、把持した物品の特性情報と、ハンドと物品との接触情報から算出します。特性情報とは、物品が持つサイズや質量といった力学的特性の情報です。保管箱内を撮影した画像のセグメンテーション結果から物品のサイズを、事前に登録されたデータベースから質量を取得します。接触情報とは、ハンドと物品とがどの位置で、どの程度の強さで接触しているかを表す情報です。把持位置はハンドと物品の位置から、把持力は吸着ハンドでは吸着パッドの圧力センサーの計測値から、挟み込みハンドではハンドに働く反力から得ます。その後、物品が接触領域から剥がれ始める危険箇所を特定し、特性情報からは危険箇所に掛かる物品を剥がそうとする力、接触情報からは物品をとどめようとする力を算出します。これらの力の比を把持安全率とします。

把持安全率の値に基づき、搬送速度を制御します。搬送

速度の上限及び下限で搬送可能な把持安全率を実験的に決定しておき、動作時には把持安全率に応じて搬送速度を線形補間で算出します。これにより、安定把持している場合は高速に、不安定な把持状態のときは低速に搬送する、適応的な搬送動作を実現しました。例として、吸着搬送が難しい1.3kgの重量物に対し、30回のピッキング動作で9回発生していた落下が0回になったことを確認しました。

落下検出に基づく動作経路の再生成技術

ピッキングロボットは様々な形状や置かれ方の物品を扱いますので、搬送中に物品が落下することも考えられます。物品落下に対処するため、落下の検出、落下位置の推定、及び動作経路の再生成の技術を開発しました。

落下の検出については、吸着ハンドの場合は圧力センサーの計測値から、挟み込みハンドの場合はハンドの開き幅の変化から物品が落下したことを検出します。

落下位置の推定では、図2(b)に示すように、ハンドが落下を検出した時刻と、落下時点でのロボット姿勢から推定した手先位置により、物品の落下位置を推定します。

その後、落下位置に基づいて動作経路を再生成します。保管箱内に落下した場合はアームをカメラに写らない範囲に退避し、再度保管箱内を撮影して把持動作経路を生成します。出荷箱内に落下した場合は物品を移載したとみなして動作を継続します。どちらでもない場合、ロボットを停止し

て作業員に復旧を依頼します。この開発技術により、28種類の物品を対象とした70パターンの配置状態について、この機能がない場合と比較してピッキング成功率が78.6%から94.5%に向上しました。

今後の展望

今後は、物品を落としにくい動作経路を生成するなど、動作制御技術の高度化を目指します。また、把持状態の変化や落下などの事象データを蓄積し、状況に応じて作業員又はピッキングロボットに物品を振り分ける機能などに活用することも考えられます。

文献

- Bartholdi, J. J.; Hackman, S. T. Warehouse & Distribution Science: Release 0.89. Atlanta, Supply Chain and Logistics Institute, 2008, 323p.
- 小川昭人, ほか. 物流現場の省力化や効率化に貢献するピッキングロボット・荷積みロボット. 東芝レビュー. 2019, 74, 4, p.20-24. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/04/74_04pdf/a06.pdf>. (参照 2023-02-07).

岡 佳史

生産技術センター
業務プロセス変革推進領域 ロボット・自動化技術研究部
日本ロボット学会・日本機械学会会員