

# 物流現場で不規則に積まれた荷物を効率的に処理できる自動荷降ろしロボット

Automatic Depalletizing Robot Capable of Handling Randomly Stacked Parcels in Physical Distribution Centers

## 複雑な荷降ろし動作を計画する技術と、荷物とアームの衝突を回避する制御技術で、作業の安全な実行と高速化を実現

eコマース(電子商取引)の普及に伴う物流量の増大により、物流現場での労働力不足が顕在化しています。省力化や生産性向上のため、AIやロボット技術を活用した自動化への要求が高まっています。

東芝は、不規則に積まれた荷物に対応した荷降ろしロボットを開発しています。荷降ろしの複雑な動作を安全かつ高速に実行するため、ロボット内部での荷物とアームの衝突を事前に予測し、最適なタイミングで複数の動作シーケンスを同時に実行する計画・制御技術を開発しました。これらの技術を適用して荷物の把持と排出の動作を並列化することで、非適用時の荷降ろし性能に比べて約30%高速化できることを、シミュレーションで確認しました。

### 荷降ろしロボットの技術背景と課題

eコマースの発達で、多種多様な商品の大量取引を実現し、世界経済の成長をけん引しています。しかし、物流センターの現場作業の多くは人手で行われており、近年、労働力不足が顕在化してきました。そのため、AIやロボット技術を活用した省力化や生産性向上が求められています。これらの要求に応えるため、東芝は、物流現場向けロボットの開発<sup>(1)</sup>を進めています。その中で、30kgまでの荷物を、画像認識により位置を検出して高速に荷降ろしする、省スペースなロボット<sup>(2)</sup>を開発してきました。既に開発したロボットは、規則的に積まれた各段の高さが同一の荷物を、最大で2個同時に扱うことができます。

しかし、物流現場では、異なる高さの荷物が不規則に積まれていることも多く、今回、このようなニーズに応えるロボットを開発しました。このロボットの開発には、“不規則に積まれた荷物の荷降ろし動作を計画する技術”と、“荷物とアームが衝突しない荷降ろし動作の制御技術”が必要になります。

### 不規則に積まれた荷物の荷降ろし動作を計画する技術

規則的に積まれた荷物に加え、不規則に積まれた荷物も扱える荷降ろしロボットの構成を、図1に示します。今回新たに開発したこのロボットは、パレット上の荷物の位置を検出し、荷物を把持してロボット内部に取り込み、荷降ろし先の高さに合わせて排出することで、荷降ろし作業を自動化し

ます。そのため、このロボットは、荷物を上部から撮影する3次元(3D)カメラや、荷物を把持するハンド、ハンドを移動させるアーム、水平方向の距離を測るセンサー、荷降ろし先の高さまで昇降して荷物を排出するコンベヤーなどで構成されています。荷物を把持した後、規則的に積まれた荷物では、水平に引き出すことができましたが、上面高さが不ぞろいで不規則に積まれた荷物では、一度持ち上げる必要があります。そこで、持ち上げ完了を検知するために、水平方向の距離を測るセンサーを、把持した荷物の上端付近の高さに昇降軸で移動し、持ち上げている荷物の側面までの距離が変化するのを監視します。

不規則に積まれた荷物を扱う動作シーケンスは、下記のとおりです。まず、パレット上の複数の荷物を3Dカメラで撮影し、画像認識処理により荷物の位置を算出します。次に、ハンドを移動して荷物を把持しますが、不規則に積まれた荷物では、ハンドと周囲の荷物が衝突することがあります。そこで、周囲の荷物と衝突しないハンドの把持位置を探索するアルゴリズムで、認識した荷物の中から把持可能な荷物を選別します。更に、荷降ろし動作の効率を上げるため、把持可能な荷物に優先順位を付け、移動距離が最短となるハンドの経路を計画します。この経路でハンドを移動し、荷物を吸着してコンベヤー上に移載します。最後に、コンベヤーを荷降ろし先の高さに昇降して、荷物を排出します。

このロボットは、規則的に積まれた荷物を従来どおり扱うことができますが、上面高さが不ぞろいで不規則に積まれ

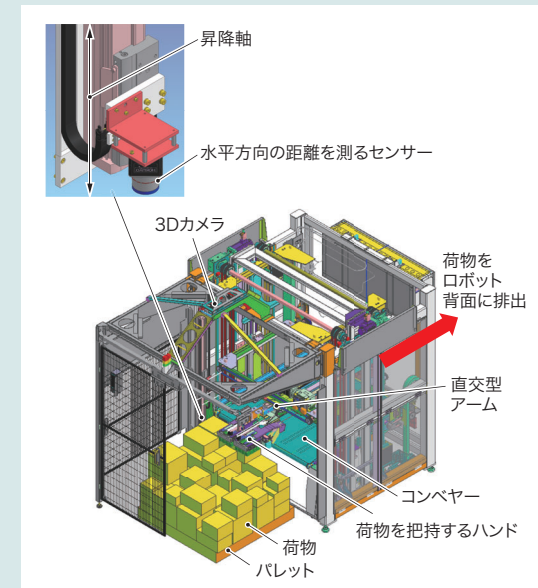


図1. 荷降ろしロボットの構成

荷物の位置を検出し、荷物を把持してロボット内部に取り込み、荷降ろし先の高さに合わせて排出します。

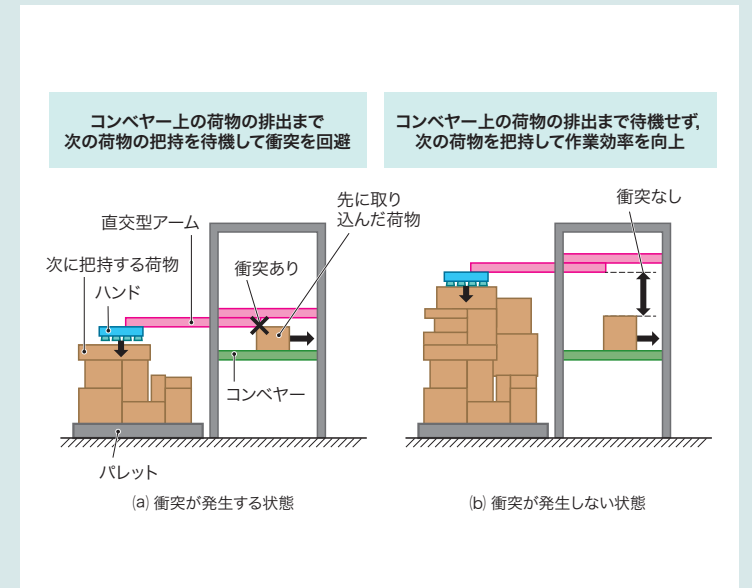


図2. ロボット内部での衝突予測による安全性と効率の向上

荷物とアームの干渉を予測することで、衝突を回避して荷物やロボットの破損を防ぐと同時に効率も向上します。

た荷物では、主に2個同時に把持できないなどの理由から、荷降ろし性能は、規則的に積まれた荷物を扱う場合の1/2の1時間当たり約300個になります。

### 荷物とアームが衝突しない荷降ろし動作の制御技術

このロボットは、コンベヤーの直上にアームを配置して、設置面積を抑えています。そのため、図2(a)に示すように、コンベヤー上の荷物の排出前に、次の荷物を把持しに行くと、コンベヤー上の荷物とアームが衝突し、荷物やロボットを破損するおそれがあります。従来のシーケンスでは、衝突を防ぐため、コンベヤー上の荷物を排出するまで次の荷物の把持を待たなければならない、という問題がありました。

そこで、荷物の把持と排出の動作を並列化するため、荷物とアームの衝突の有無を事前に予測し、最適なタイミングで複数の動作シーケンスを同時に実行する制御技術を開発しました。具体的には、図2(b)に示すように、先にコンベヤー上に取り込んだ荷物の排出時の上面高さと、次の荷物を把持する際のアームの下面高さを比較して、事前に衝突の有無を判断します。これにより、衝突がないと判断した場合に、先に取り込んだ荷物の排出を待つことなく、次の荷物を把持できるようになりました。

### 開発した計画・制御技術による効果の確認

荷降ろしロボットの機構動作シミュレーターを開発し、不規則に積まれた荷物の荷降ろしを実行したところ、荷物と

アームが衝突しない条件を満たした場合に、荷物の把持と排出の動作が並列化されることを確認しました。この動作シーケンスを並列化する技術を適用することで、荷降ろし性能は1時間当たり約400個となり、非適用時に比べて約30%高速化できました。

### 今後の展望

今後、開発した計画・制御技術を実機に搭載し、現場導入に向けた実証実験を進めます。また、アームやコンベヤーの配置などロボットの構成、並びに認識技術に検討を広げ、1時間当たり480個への高速化を目指します。これにより、更なる省力化や生産性向上が期待できます。

### 文献

- 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](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/04/74_04pdf/a06.pdf)>. (参照 2021-06-18).
- 東芝インフラシステムズ. “直交型荷降ろしロボット”. <<https://www.toshiba.co.jp/infrastructure/security-automation/solution-product/robotics-logistics/product/de-palletizer.htm>>. (参照 2021-06-18).

牛山 隆文

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  
日本機械学会会員