

人との協働が可能な可搬性と可用性を備えたピッキングロボットシステム

Intelligent Picking Robot System with Portability and Availability Operating in Cooperation with Workers

岩崎 利夫 IWASAKI Toshio 和田 裕介 WADA Yusuke 紺田 和宣 KONDA Kazunobu

近年、物流分野では、EC（電子商取引）の利用拡大に伴う業務の複雑化への対応や人手不足による労働者の負担増大の軽減が課題となっている。特に、ピッキング作業では、扱う物品が多様なため、認識・把持の観点で完全自動化が困難なことから、人とロボットの協働による省力化が一つの解決策となる。

そこで東芝インフラシステムズ(株)は、倉庫内の流動的な人員配置に対応して人と協働できる高い可搬性と可用性を備えた知能化ピッキングロボットシステムを開発した。このシステムでは、協働ロボットアームを採用し、セーフティーレーザーセンサーを搭載して安全柵を不要としたことで、従来システムに比べて設置面積を92%削減して可搬性を高めた。また、ピッキングに失敗した際のリカバリー処理機能の導入などにより、業務継続率99.999%の達成見込みが立ち、実証実験での確認を開始した。

In recent years, it has become increasingly important to reduce the burden on workers in the physical distribution domain due to ever more complex business operations accompanying the expansion of e-commerce and workforce shortages. As it is difficult to fully automate picking tasks to handle various types of goods in terms of recognizing and grasping, there is growing demand for labor-saving solutions through the collaboration of robots and workers.

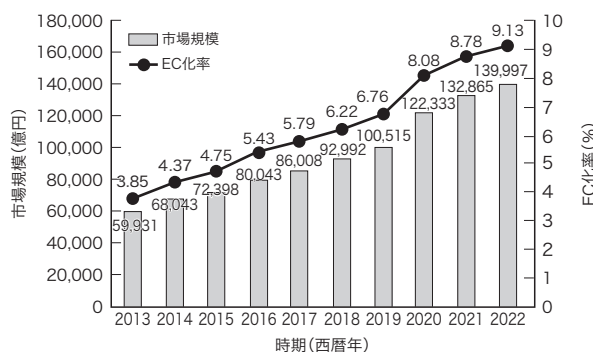
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has developed an intelligent picking robot system that delivers portability and availability, and is capable of operating in cooperation with workers in response to continuously changing worker allocation in a physical distribution warehouse. Regarding portability, the use of a collaborative robot arm and safety laser sensors eliminate the need for safety fences, reducing the footprint by 92% compared to conventional systems. Regarding availability, the introduction of a recovery processing function, etc. is expected to achieve a business continuity rate of 99.999% in the event of picking work failure. We are now conducting verification tests using a prototype system.

1. まえがき

生産年齢人口の減少や少子高齢化による労働力不足は全産業共通の課題となっているが、物流業界では更に厳しい労働環境から労働力（作業員）の確保が特に懸念されている。

また、新型コロナウイルス感染症拡大前から急成長していたEC市場は、感染症拡大の影響からいわゆる“巣ごもり需要”による更なる拡大を経て、ポストコロナにおいても新しい生活様式の定着とともに成長が継続している（図1）。

これに伴い、顧客からの注文（オーダー）に従って、物流倉庫内で物品を指定した数だけ出荷箱に集めるオーダーピッキングという作業も、特に、少量多品種分野で増えている。オーダーピッキング作業は、保管庫に物を取りに行く“歩行”、注文された物品を探す“探索”、物品を保管箱から取り出して出荷箱に入れる“ピッキング”、及び幾つかの保管エリアでピッキングされた商品を合わせる“荷合わせ”の作業で構成される。このうち、歩行と探索の一部は、自動倉庫のように物品を作業員の元へ運ぶGTP（Goods to Person）ロボットシステムで、既に自動化が進んでいる。一



* 経済産業省「令和4年度電子商取引に関する市場調査報告書」¹⁾を元に作成

図1. 物品販売系分野のBtoC (Business to Consumer) -EC市場規模及びEC比率の経年推移

市場規模及びEC比率ともに、2020年・2021年の新型コロナウイルス感染症拡大の影響で増加し、2022年後は鈍化しつつも増加している。

Changes in scale of business-to-consumer e-commerce (BtoC-EC) market and EC ratio in merchandising sector by year

方、ピッキングの自動化は限定的で、いまだに多くを人手に頼っている。これは、作業の対象となる物品が様々で、中規模以上の倉庫では数千～数十万に上る種類があり、更



図2. オーダーピッキング作業の概要

近年、GTP型の保管システムや搬送ロボット型の仕分け（荷合わせ）システムを活用したソリューションが導入されつつある。

Order picking system operation process

に、同一商品であっても、季節、コラボレーション企画などにより、パッケージのバリエーションが格段に増える、というような状況が、認識・把持の観点で自動化を阻害する要因になっている。

また、近年、自動搬送車（AGV）の急速な普及により、それを用いたGTP型保管システムや搬送ロボット型仕分けシステムなどの新コンセプトの商品が各ベンダーからリリースされており、それらを活用した新たな物流倉庫業務プロセスの構築が急がれている（図2）。

東芝インフラシステムズ（株）は、知能化ピッキングロボットと周辺システムとを連携した新たな業務プロセス及びシステムの実現により、自動化・省人化を進め、人手不足の解消、労働生産性の向上を目指している⁽²⁾。

2. システム開発指針

ピッキングロボットが既に稼働している倉庫では、人とは分離された安全柵に囲まれた中で、知能化された産業用アームロボットが高速に動作する状況が実現されていることが多い。これは、完全自動化された倉庫を実現する上では最良の方法といえるが、業務プロセス及び実装環境全体でロボットとの親和性を高める必要があり、既存倉庫への追加導入は難しい。2030年代と見られる倉庫の完全自動化までの過渡期では、局所的な労働力枯渇への対処の一つである担い手の多様化（女性、高齢者、若者、障害者、在留外国人などの多様な人が活躍する社会の実現）による流動的な人員配置に対応したシステム作りが必要となる。

そこで、人が昼間作業していた場所でのロボットによる夜間作業や、人を複雑作業に配置した中でロボットの単純作業への配置といったことが容易に行えるように、実現場を大きく変えずに、追加導入できる高可搬性、高可用性システムを開発した。

3. ロボットの導入のための具体的施策

ロボットの導入に向けて、以下の五つの方向性を設定した。

- (1) ロボットの稼働率を向上する。
- (2) ロボットが扱える商品の種類を増やす。
- (3) タクトタイムの短縮を行う。
- (4) インテグレーションコストを抑える。
- (5) 運用コストを抑える。

特に、このうち(1)と(4)を戦略として重視した。

3.1 小型協働ロボットの知能化・設置面積削減（方向性：(1), (4), (5)）

当社がこれまで開発してきた従来のピッキングロボットは動作速度を重視していたため産業用ロボットを採用していたが、今回は人が活動している場への適用を重視しているため小型協働ロボットを選択した。そして、開発済みのロボットソフトウェアプラットフォームを活用することにより、短期間（2か月）で知能化開発を完了させ、ティーチレス動作を実現した。なお、ロボットアームは扱う商品によって変更する可能性が高いため、今後も、ロボットソフトウェアプラットフォームを活用した短期間開発の効果は大きいものと予測している。

また、小型協働ロボットとセーフティーレーザーセンサーとの組み合わせにより安全柵を不要とすることで、従来のシステムに比べて設置面積を92%削減（図3）した小型で可搬性の高いシステムが構築でき、更にエラーリカバリー時のシステム停止時間の短縮も実現できた。

3.2 ツールチェンジャーによる扱える商品の拡張（方向性：(2)）

ロボットハンドは、計算された把持計画に合わせて、ツールチェンジャーで適切なハンドに切り替える方式とした。ハ

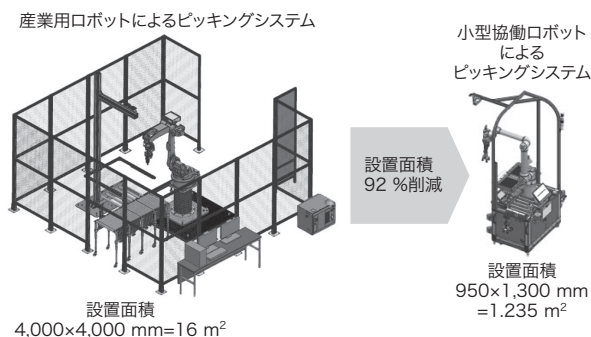


図3. 設置面積の削減

開発した小型協働ロボットによるピッキングシステムは、安全柵を必要としないことから、従来の産業用ロボットによるシステムと比較して、設置面積を92%削減できる。

Reduction in footprint of new picking system applying collaborative robot compared with conventional industrial robot system

ンドは、扱う商品のサイズ、荷姿、配置条件などにより、適切な把持方式が異なる。今回は、4個パッド吸着ハンド、1個パッド吸着ハンドのそれぞれで把持計画を立て、より成功率の高いハンドを選択して、交換し、ティーチレスで動作する仕組み(図4)を搭載した。搭載するハンドの組み合わせは、吸着ハンドに限らず、自製の挟持ハンドも可能であり、今後はほかのベンダーのハンドに対しても専用モデルを作成し、取扱商品の拡大・変更に合わせて、素早い対応力を実現する。

3.3 検品ユニットを含めたレイアウトの最適化(方向性：(1), (3), (4))

ロボットで検出できないエラー(2個取りなど)の検出のため、重量チェッカーコンベヤーを検品ユニットとして導入し、更に、ピッキングした商品の落下防止、スループット向上、及び設置面積低減のための配置設計を行い、レイアウトを最適化した。具体的には、商品を取り出すコンテナとピッキ

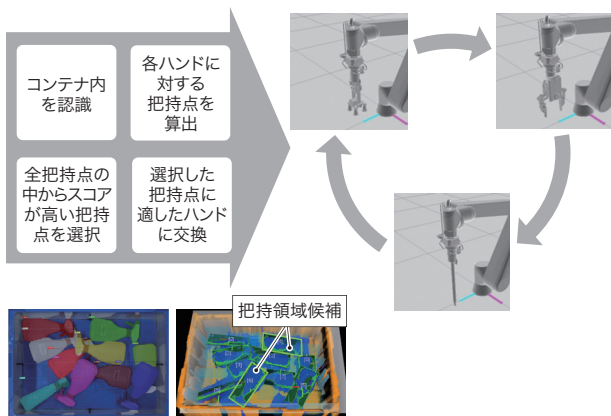


図4. ハンド交換のアルゴリズム

商品の各ハンドに対する把持点を算出した後、最もスコアの高い把持点を選択し、適したハンドに交換する。

Algorithm to replace robot hand

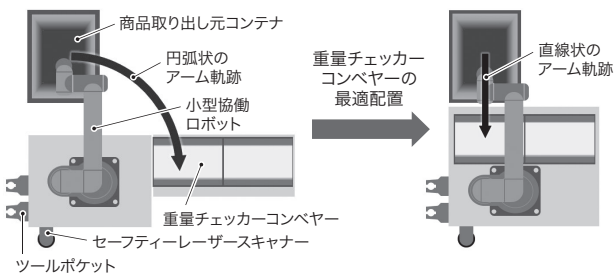


図5. レイアウトの最適化

小型協働ロボットと重量チェッカーコンベヤーのレイアウトを最適化することで、商品落下率の低減、及びタクト時間の向上を実現した。

Equipment layout optimization

ングロボットの中に重量チェッカーコンベヤーを配置し、設置面積を低減するとともに、アームの軌道を円弧状から直線状に変更することで商品落下の発生率も抑えている(図5)。

3.4 設置の容易化(方向性：(4))

人手によるユニット運搬が容易な構成(図6)にするために、ユニットには移動用キャスターと取っ手を取り付け、設置位置の精度を高めるために、ロボット側には雄形状、連携する周辺機器側には雌形状の位置決め金具を配置し、それらを嵌合(かんごう)させる方式とした。なお、設置時の外部接続は、100V単一電源とエアだけとし、分かりやすく1か所にまとめた。概念検証(PoC)の実施環境での設置・起動に掛かる時間も目標値10分に対し6分を達成した。

3.5 実績に基づいた人とロボットへの作業振り分け(方向性：(1))

ロボットで扱える商品には制限があるため、人とロボットのどちらのピッキングステーションに適した商品かを判別して出庫するシステムを、WES(Warehouse Execution System)と連携して構築した。ロボットがピッキングに失敗した際には、リアルタイムに結果をフィードバックし、失敗要因によっては人が作業するピッキングステーションに回す制御を行う⁽³⁾。

3.6 リジェクト商品への一括処理による業務継続率向上(方向性：(1), (5))

夜間運用でロボットを活用した際のフローを、図7に示す。夜間、ロボットでのピッキング中に何らかのエラーが発生した場合、扱っていた商品は一旦リジェクトエリアにためておき、ロボットは継続して次のピッキング指示に従う。この

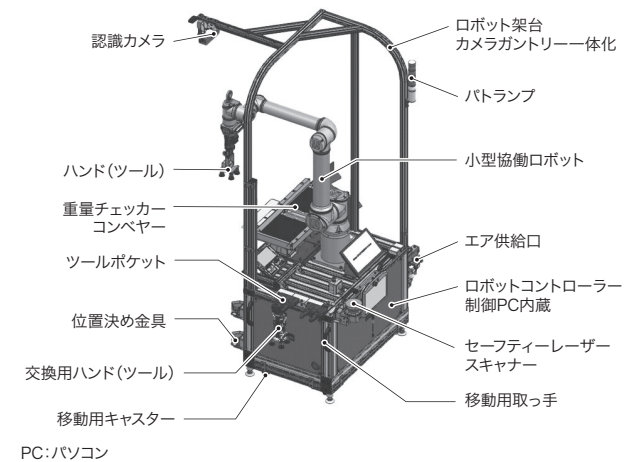


図6. 開発したピッキングロボットシステムの構成

可搬性を重視した一体型のピッキングロボットシステムとした。

Configuration of intelligent picking robot system operating in cooperation with workers

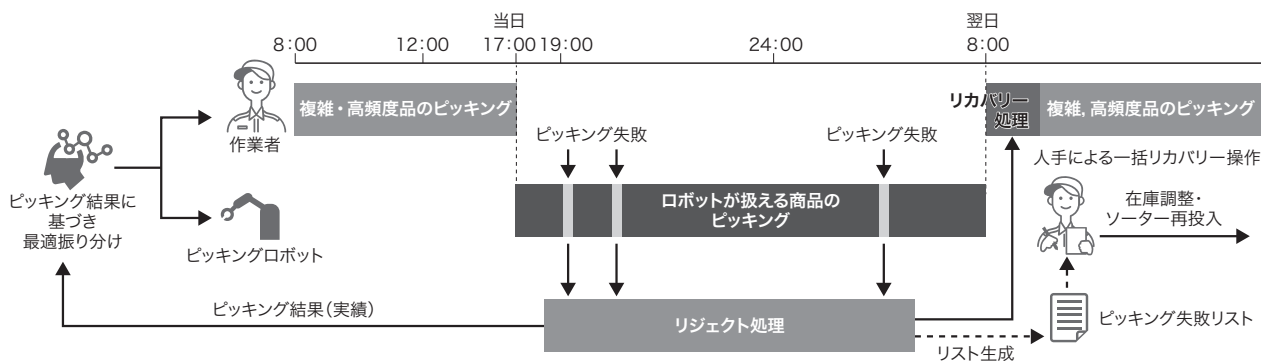


図7. 一括リカバリー処理による業務継続率の向上

人とロボットへの商品振り分けの最適化、及びピッキングシステムで発生したリジェクト商品の一括リカバリー処理化により業務継続率を向上させた。

Improvement in business continuity rate by means of batch recovery processing

ように、ロボットエラー発生時でも99%の確率で自動復旧し、継続動作する仕組みを構築した。モデルケースで想定したエラー発生確率は0.1%であることから、目標とする業務継続率99.999%の達成見込みが立った。リジェクトエリアにたまった商品は、翌朝、人手により一括してリカバリー処理される。このときに、リジェクトされた商品と、エラー原因、オーダー情報を連携して、それらの情報を作業者に提供することにより、対処方法が明確になる。

3.7 RPAによる他システムとの連携(方向性：(4))

他システムのGUI (Graphical User Interface) をRPA (Robotic Process Automation) で操作することにより、ピッキングロボットへ動作指示を出し、ピッキング結果に基づく通知 (SKU (Stock Keeping Unit) 番号の通知など) を他システムに返している。例えば、ピッキングに失敗してリジェクトとなった商品をリジェクトエリアに排出するといった指示もRPAで行う。他システムとの連携を行うために、実際に人が操作する他システムのGUIをRPAによって制御することは、人とロボットが協働する環境を実現するために有効である。

3.8 リモート制御(方向性：(5))

ピッキングロボットは自律的に作業を繰り返すことができるが、画像認識や把持動作に異常が生じた場合や、商品をコンベヤーで滞留、又はコンベヤーから落下させてしまった場合は、自律的に異常状態を解消できない。これらの対策のために、今回、リモート制御として、システム全景を撮影するネットワークカメラを設け、リモート環境からロボットを制御できる仕組みを構築した。

更に、商品認識に失敗した場合には、ロボットやコンテナの上部に設置されている商品認識用カメラの画像に対して、リモート環境のパソコン(PC)上で商品位置を指示することにより、ロボットが自律的にピッキングできる仕組みを構築した。

4. あとがき

今回、実証実験の客先合意が得られたポイントは、小型協働ロボットを用いたことによる高い可搬性及び可用性である。今後、保管システム、ソーターシステムと連携した開発システムによる業務プロセスの有効性を実証実験で検証し、把握していく。

文献

- (1) 経済産業省. 令和4年度電子商取引に関する市場調査報告書. <<https://www.meti.go.jp/press/2023/08/20230831002/20230831002-1.pdf>>, (参照 2024-02-05).
- (2) 小川昭人, ほか. 多様な物品の処理で物流現場の自動化に貢献する知能化ピッキングロボット. 東芝レビュー. 2021, 76, 6, p.51-54. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/06/f06.pdf>>, (参照 2024-02-22).
- (3) 澤 和秀, ほか. 物流倉庫内作業を自動化する知能化ロボットの制御システム. 東芝レビュー. 2024, 79, 1, p.24-28. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2024/01/a07.pdf>>, (参照 2024-02-22).



岩崎 利夫 IWASAKI Toshio
東芝インフラシステムズ(株)
セキュリティ・自動化システム事業部
物流・郵便ソリューション技術部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



和田 裕介 WADA Yusuke
東芝インフラシステムズ(株)
小向工場 SA設計第三部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



紺田 和宣 KONDA Kazunobu
生産技術センター ロボット・メカトロニクス・機器技術領域
ロボット・自動化技術研究部
人工知能学会会員
Robot & Automation Technology Research Dept.