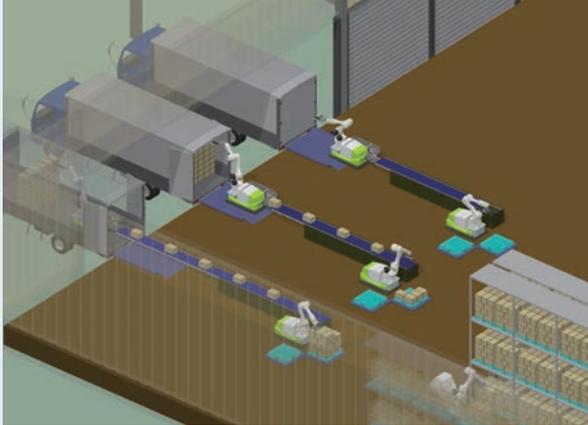


# ロボットによる物流センターの自動化

## Automating Logistics Centers by Using Robots



山根 秀 士①	Hideshi Yamane
徐 天 奮②	Tianfen Xu
高山 裕 規③	Yuuki Takayama
春風 圭 佑④	Keisuke Harukaze
森 尾 宏 平⑤	Kouhei Morio

社会全体が労働力不足に陥っており、物流業界も同様に深刻化している。さらに昨今の感染症問題によりEC(electronic commerce) 事業が急成長を遂げた状況からも、物流業界全体の自動化への関心は高い。まずは自動化要求の高いコンテナからの荷降しやバラ積みワークのピッキングおよびパレタイズ/デパレタイズについて、3Dビジョンなどのセンシング技術を用いて自動化に取り組んでいる。

Society as a whole is experiencing a labor shortage, and the logistics industry is experiencing a similarly severe shortage. Meanwhile, due to the current problem of the infectious COVID-19 disease, the electronic commerce (EC) business has been growing rapidly. In these situations, the entire logistics industry is extremely interested in automation and there is a strong demand to use automation for devanning, picking bulk workpieces, palletizing and depalletizing. Focusing on these processes first, we are working on automating logistics operations by using 3D vision and other sensing technologies.

### まえがき

社会全体が労働力不足に陥っており、物流業界においても同様に深刻化している。また、昨今の感染症問題によりさらにEC需要に拍車がかかっている状況も相まって、業界自体の自動化への関心も高まっている。

### 1 背景

物流センターでは、入荷された荷物が行き先別に仕分けられて出荷が行われる。荷物が保管されずに直接出荷される宅配ターミナルに対して、物流センターには開梱・棚入れ保管・種類別の仕分けが加わる。

物流センターでの作業工程は、図1に示すように入荷工



図1 物流センター内の工程  
Fig.1 Processes in a logistics center

程と出荷工程に大別される。これらの工程においては、一部自動化も進められているが人手による作業も多く残っている。物流センターの工程別従業員比率およびマテハンメーカーやユーザーへの自動化ニーズに関するヒアリングにおいては、人件費抑制やヒューマンエラー防止に対する要求が高い。これらを総合すると、工程別ではピッキングが最もニーズがあり、棚入れ・荷降ろし・検品・荷積みも高い。

これまでの自動化設備は、単機能ソリューションがほとんどを占め、単機能であるためすべての作業工程に自動化を応用することが難しかった。しかし、自動搬送車とパレタイズ/デパレタイズロボットあるいはパレタイズ/デパレタイズロボットと画像認識のように、機能を組み合わせることで対応可能となる。

最終的には物流センター全工程そして宅配ターミナルへの自動化拡大を目指す。当社のロボット技術と画像認識技術の応用で実現可能な適用であること、また市場規模が大きく自動化ニーズの高い作業工程である荷物の積み降し(バンニング/デバンニング、パレタイズ/デパレタイズ)とピッキングを参入工程として選定した。

## 2 バンニング/デバンニング

コンテナ内のケースの荷降しや荷積み作業は、2mを超える高所作業かつ重量物も扱うので危険を伴う。また現場は屋外が多く過酷な作業である。このためデバンニングは国内需要も多く、自動化要求も高い。

### (1) 技術課題

コンテナへのアクセスは後方の扉からのみなので、ケースの画像認識やケースの把持および搬送も後方からのみ可能である。また内部のケースは必ずしも整然と積み上げられているとは限らない。物流センターでのコンテナの待機時間は2時間以内の場合が多く、超過すると追加料金が発生する。ケースにダメージを与えず搬送することも重要である。

以上のような条件を達成するため、荷姿が不定で作業方向の制限があるなか、所定内の処理時間でケースにダメージを与えずに搬送することが技術課題となる。

### (2) これまでの取組み

コンテナ内に積まれたケースのビジョン認識において、多方向から撮影して荷姿情報を得ることは壁との干渉やサイクルタイムの観点からも難しい。そこで3Dカメラをロボットハンドに搭載し、対象の三次元位置を計測してロボットで位置補正を行うソフトウェア「K-VStereo」を採用した。図2に示すように3Dカメラ・ビジョンPC・ロボットコントローラからなるシンプルな構成で、単載認識から開発を着手した。



図2 デバンニングにおける「K-VStereo」のシステム構成  
Fig.2 Configuration of the K-VStereo system for devanning

ケースの三次元的な傾きは、その計測面の三次元点群からXYZ軸それぞれの回転角度を算出して、その回転角度に合わせてロボットの補正動作を行う。壁との干渉回避も備えており設定以上の傾斜を検出するとロボットは停止し、作業者がケースを取り除くか整理させ、自動運転を継続させる。

デバンニングハンドは、図3に示すようにロボット外部軸であるサーボモータがベルトを介して吸着ユニットを駆動する。このベルトは吸着されたケースを載せるコンベアベルトの役割も担っており、ケースを優しくハンド内に引き込む。床上のケースは吸着ユニット内の昇降機能で一旦持ち上げられてハンド上に引き上げる。3Dカメラは吸着ユニット内に配置している。

具体的なケースとして、1コンテナ分1,000個を2時間以内に処理することを想定した。7.2sec/個の処理能力に関する要求仕様に対して、ロボット動作は平均12.5sec/個だったので、サイクルアップのため横置き上下2段のケースを同時に搬送することを検討した。上段下段ともに横向きと認識すれば2個取り可能と判定する。条件により2個取り不可の場合は、ズレ量にしきい値を設けて自動で1個を取り出す機能も備えている。2個を同時に取る場合は平均6.25sec/個を達成した。

図4に示すアームの走行は、自動デバンニングで自動搬送車にロボット搭載を計画していた中西金属工業株式会社と協業した。ロボットはコンテナの種類による天井高さの

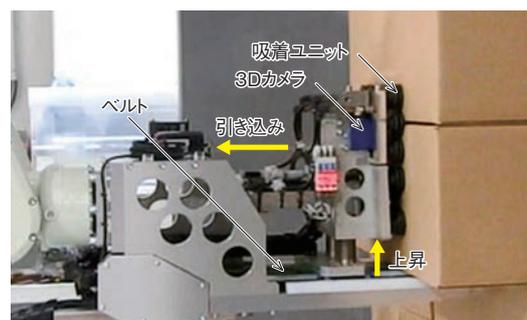


図3 デバンニングハンド  
Fig.3 Devanning hand



図4 走行アーム  
Fig. 4 Traveling arm



図5 実際のコンテナを使用した検証  
Fig. 5 Verification using actual containers

違いにも対応可能な動作範囲を持った「RS080N」を採用した。また、デバンニングは作業エリアと待機エリアの往復を基本としており、この運用では電源の有線接続が可能でロボット用バッテリーを搭載する必要がないことから、自動搬送車の小型化が可能となった。

### (3) 今後の取組み

図5に示すように実際の物流センターでコンテナを使用したテストおよびデモ実施の実績を得た。また、ハンドやビジョンの無いベース機のテスト用として販売実績もできた。

これにより多くの声を聞く機会が増え、多品種対応や速度アップについての要求が高いことを再認識している。今後は混載AIによる多品種対応デバンニングとさらなる高速化について開発を進める。

## 3 ピッキング

ピッキングは、伝票や指示書などに基づいて、出荷するピース（商品の最小単位）を取出して集める工程であり、物流倉庫内において非常に多くの人手を要している。

### (1) 技術課題

ピッキングは自動化の技術的ハードルが非常に高い。そ

の理由の一つは、ピッキング工程におけるピースの供給形態の不規則性にある。具体的には、ピースは折畳みコンテナや段ボール箱などの容器の中で整列しているとは限らず、荷崩れしていたり乱積みされていたりすることもある。このような状況下でロボットがピースを取出すためには、容器との衝突を避けつつ、周囲のピースも回避する必要がある。あらゆる状況を想定した動作をさせるロボットプログラムの作成は、専門家であっても困難を極め、膨大な手間と時間がかかる。したがって、ピッキングの自動化を実現するためには、ロボットプログラム作成の手間を低減することが不可欠である。また、人間の作業と比べると現状のロボットによるピッキングは遅く、作業の高速化が課題である。

### (2) これまでの取組み

ピッキングにおけるロボットプログラム作成の負荷軽減に向け、図6に示すように、3次元視覚センサの情報をもとにロボットの動作経路を自動生成するシステムを開発した。本システムでは、視覚センサにより取得した2次元・3次元画像からコンテナ内のピースのピッキングポイントを特定し、その位置を終点としたロボット経路を自動生成する。

経路の生成にあたっては、シミュレータ内でロボットと周囲との3次元的な位置関係を再現し、衝突を回避できる経路を探索的に求めている。なお、シミュレータ内の3次元情報は、ロボットなど既知のものは事前に3D形状モデルとして与え、荷崩れして変化するピースの位置関係は視覚センサから取得している。

また、ロボットによるピッキングのスループットをさらに向上するため、複数のピースを連続で取出す技術を開発している。取出し後のピースを置きに行く動作を1回にまとめて、作業を効率化している。

これは、図7に示すように可動式のピース保持部を複数もつロボットハンドと、本ハンドの動作も考慮した経路生成技術により実現する。保持部Aで先に保持したピースも考慮して、保持部Bでのピッキングにおいても衝突しない

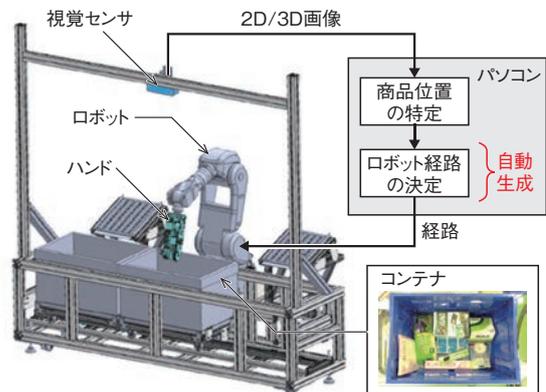


図6 ピッキングシステムの構成  
Fig. 6 Configuration of the picking system

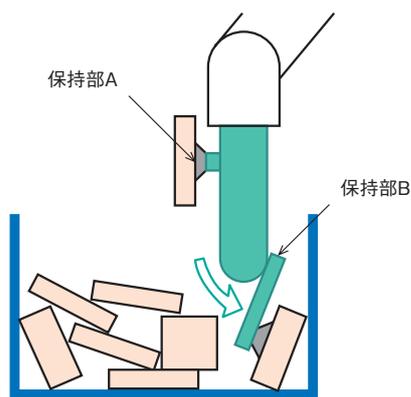


図7 隅のピースの取出し  
Fig.7 Picking a piece placed in a corner

経路を生成している。また、可動式の保持部を活用することで、コンテナの隅のピースの取出しも可能である。供給側でピースを厳密に整列する必要がなく、人間が段取りをする手間を軽減する効果が期待できる。

### (3) 今後の取組み

ピッキングのもう一つの大きな課題として、多品種のピースへの対応がある。現時点ではピッキング対象を吸着可能な小箱系のピースに限定しているが、今後は適用対象を拡大するために視覚センサやロボットハンド技術の高度化を進める。

## 4 パレタイズ／デパレタイズ

### (1) 技術課題

異なる箱サイズや袋などの不定形品が混在した状態においては、認識技術だけでなく把持搬送ツールの開発も非常に難しくなる。また、パレタイズでは積載計画が重要なので、事前情報の無い混載パレタイズは技術的難易度が非常に高い。

### (2) これまでの取組み

他社も開発中の混載対応をいち早く市場に展開するため、アーム動作に関わるコア技術は当社にて、認識技術はスタートアップとの協業により獲得して、早期製品化を目指すこととした。スタートアップ企業のDextelity社は画像処理に関するAI技術に優れており、2019年から共同開発契約を締結して、パレットとケースの組み合わせ適用から開発した。

3Dカメラでサイズを把握したケースをロボットが搬送する。パレット上空には複数の3Dカメラを設置し、積載情報から最適な置き位置を決定する。搬送されてくるケースの順序情報は無く、リアルタイムで積載を行う。基本的な形状のケースは事前学習を必要とせず、把持・吸着位置を自動で生成する。

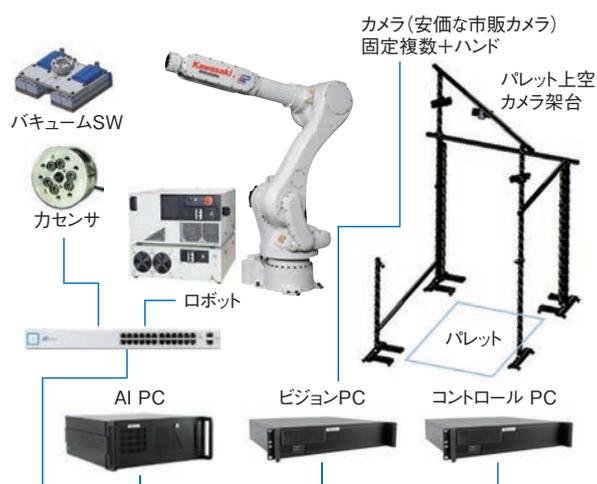


図8 パレタイズにおけるAIロボットビジョンシステム構成  
Fig.8 Configuration of the AI robot vision system for palletizing

図8に示すように、システムは動作を生成するコントロールPC・混載AIを搭載したAI PC・画像処理用ビジョンPCで構成される。安価な3Dカメラを複数台使用することで機能とコストを両立させることができた。

iREX2019国際ロボット展に混載パレタイズ／デパレタイズを共同出展して、これを機に日本物流業界から多数の関心が示されている。

### (3) 今後の取組み

カゴ車への対応や箱以外の搬送など適用範囲を拡大させて、システム自体の能力向上を目指す。

## あ と が き

労働力不足への対応の一環として、物流センターの自動化に取り組んでいる。各工程に共通の課題として多品種対応と高速処理化があり今後は、それら課題を解決しつつ、物流センターへの導入を進めていく。

検証にあたり協力いただいた関係会社に感謝の意を示す。



山根 秀士



徐 天 奮



高山 裕 規



春 風 圭 佑



森 尾 宏 平