

バンニングロボットによる コンテナ積み込み作業の自動化

Automation of Piece-by-Piece Cargo Loading into Containers Using Vanning Robots

堀内 晴彦 HORIUCHI Haruhiko 丸山 修 MARUYAMA Osamu

物流ビジネスでは、ネット通販のグローバル化や新興国での設備投資の拡大などに伴って、国内外で貨物が増加している。しかし、トラック荷台やコンテナ内の荷役作業は人手に依存した状況にあり、作業者の負荷軽減も進んでいない。

そこで、東芝インフラシステムズ(株)は、コンテナに貨物を積み込む作業を行うバンニングロボットを開発している。今回、貨物を一つずつ積み込む作業を自動化するため、独自のハンドリング機構、自動軌道補正技術、及び遠隔監視技術を開発した。

In the logistics business field, the volume of cargo being handled both in Japan and overseas has sharply increased with the globalization of online shopping and the expansion of investment in facilities in developing countries. However, cargo handling on the truck deck and inside the container still depends on conventional manual operations, and the burden on workers is close to reaching a limit.

With this as a background, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation is promoting the development of so-called vanning robots, which can automatically load cargo into a container. We have now developed a vanning robot that can load cargo into a container one piece at a time. The development of this robot was achieved through the application of our proprietary handling mechanism, an automatic orbital correction technique, and a remote monitoring technique.

1. まえがき

物流業界では、国内のネット通販市場の拡大に伴い、中国をはじめとするアジア諸国からの日用品や食料品などの輸入貨物が増加している。更に、海外の設備投資の拡大により、一般機械や工作機械部品などの輸出貨物も増加傾向にある。また、グローバル化が進み、国際貨物でもコンテナ輸送の貨物量が増加し、コストや、スピード、品質など、多様なニーズが高まっている。

その一方で、物流の担い手であるトラックやコンテナ車の運転者は、高齢化が進んでいるのに加え、荷待ちや荷役作業による長時間労働が常態化している。

政府は、「ホワイト物流」推進運動により、業界の商慣行やプロセスの見直しで生産性を向上させ、労働環境の改善を進めているが、ロボットによる荷役自動化などは推奨項目になっておらず、更なる改善が難しい。

一般に、トラックやコンテナの荷役作業は、フォークリフトを使ってパレット単位で行うことが多いが、パレットの分だけ積載量が減る、空パレットの管理が必要、貨物単位での検品ができないといった課題がある。

これに対し、貨物単位で一つずつ行う荷役作業(ばら積みやばら降ろし)の場合は、人手に依存した状況にあり、重い貨物は持てない、天井付近まで手が届かない、夏場のコ



図1. コンテナでのバンニング作業

手作業では、重い貨物を持ってない、天井付近まで手が届かない、夏場のコンテナ内は暑いなど厳しい作業となる。

Vanning work in container

ンテナは暑いといった課題がある。

このような背景から、東芝インフラシステムズ(株)は、トラックの荷台やコンテナ内に貨物を積み込むバンニング作業(図1)を自動化するロボットの開発に取り組んでいる。

ここでは、コンテナ向けのばら積みバンニングロボットと、その具体的な機構や制御方法について述べる。

2. バンニングロボットの概要

バンニングロボットは、貨物の出荷情報(出荷順の貨物

の数量や、サイズ、質量など)とコンテナ情報を基に、事前に荷積み位置を算出し、後方に接続されたコンベヤーに供給された貨物を順番どりに積むロボットである。このため、ロボット内部に、貨物を並べ替える機能は持っておらず、あらかじめ自動倉庫や仕分け機などで積み込み順をそろえておく必要がある。また、人手で供給する場合、バーコード読み取り機などを設置し、貨物やその数量などを検品する手段が必要になる。

バンニングロボットは、全体がコンテナ内部まで移動するため、追従する移動式のコンベヤーが必要になる。また、安全上の観点から、ロボットとコンベヤー全体を安全柵で囲う必要があり、オペレーターは、その外側から監視・操作する。ロボットの配置例を図2、プロトタイプ機の外観を図3に示す。

2.1 バンニングロボットの特長

取り扱いが可能な貨物は、一人作業ができる大きさ(850

(幅)×850(奥行き)×350(高さ)mm)及び質量(30kg程度)としている。また、コンテナの種類は、20フィートドライ、40フィートドライ、40フィートドライハイキューブであり、一般的な大きさを対象としている。複数レーンで使えるように、ロボット全体が前後だけでなく、左右方向にも移動できる。主な特長としては、以下が挙げられる。

- (1) 丈夫な専用アームと、専用のハンドを使い、重い貨物も、確実に高速処理できる。
- (2) ロボット内のコンベヤーで、積載場所まで貨物を近づけた後に把持するため、落下リスクが少ない。
- (3) 直交型かつ伸縮式のアームで、ハンドがコンテナの側壁近くまで届くため、隅から隅まで、高速に貨物の積載が可能である。処理能力は、人手と同等の500個/h以上を目標としている。
- (4) 積載中の落下や荷崩れなどの予期せぬ事態を想定し、完全自動ではなく半自動としている。これは、自動車の自動運転で言えば、レベル2(運転者によるシステム監視)に相当し、早期の実用化を目指している。

2.2 バンニングロボットの構成

バンニングロボットは主に、走行部、コンベヤー部、ハンド部、アーム部、リフト部で構成されている(図4)。

走行部は、ロボット全体を支え、全方向へ移動可能な台車である。コンベヤー部は、貨物を供給する投入コンベヤーと、積み込み高さまで昇降するリフターコンベヤー、荷積み近くまで前に移動させる機内コンベヤーの三つで構成されている。センタリング部で貨物の中心位置を合わせ、ハンド部で把持し、アーム部でハンド部を上下左右に移動させる。リフト部で、アーム部と機内コンベヤーを床面から天井付近まで昇降させる。

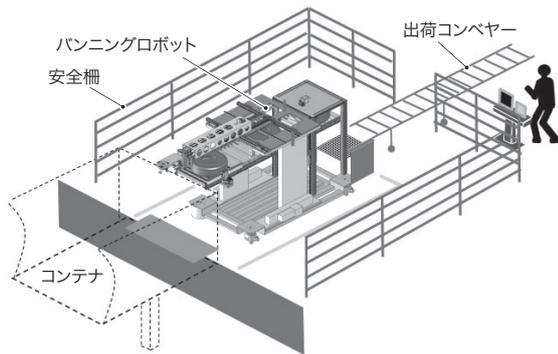


図2. バンニングロボットによる荷積みの全体図

出荷コンベヤーで貨物をバンニングロボットへ供給する。安全のため、バンニングロボットは安全柵内に配置する。

Overview of loading using vanning robot

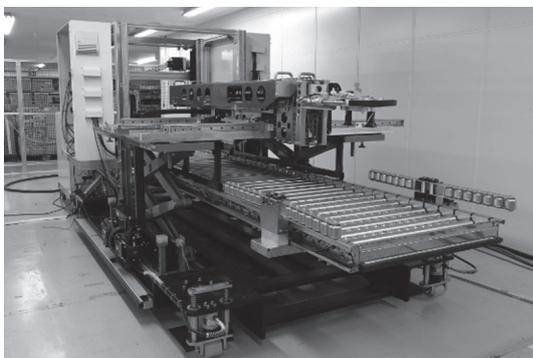


図3. バンニングロボットのプロトタイプ機

プロトタイプ機を活用して要素開発や実証実験を進めている。

Prototype vanning robot

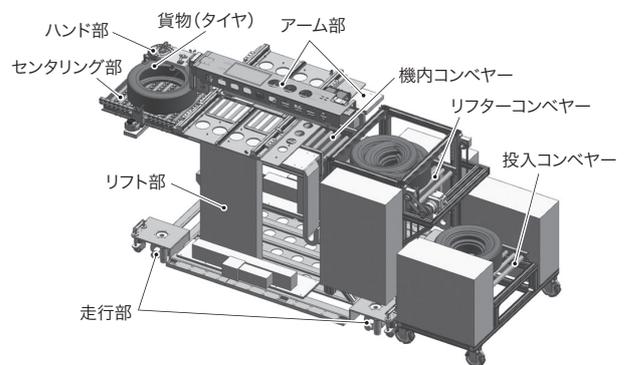


図4. バンニングロボットの構成

主に、走行部、コンベヤー部、ハンド部、アーム部、リフト部で構成されている。

Configuration of vanning robot

2.3 バンニングロボットの動作

コンテナがトラックバースに接岸すると、オペレーターはロボットをコンテナ前に移動させ、出荷コンベヤーと連結する。その後、コンテナへの進入を指示すると、ロボットは自動的に位置と姿勢を補正しながらコンテナ内に入っていき、コンテナ奥の荷積み位置に到達すると、自動的に停車する。

動作シーケンスを図5に示す。まず、出荷コンベヤーに供給された貨物は、投入コンベヤーまで搬送され、リフターコンベヤーへ一つずつ供給される。そして、リフターコンベヤーで荷積み高さまで上昇させると、貨物を機内コンベヤーへ受け渡す。次に、機内コンベヤーで貨物を前方まで移動させ、センタリング部で把持できる位置に移動させると、アーム部でハンド部を移動させ、ハンド部で貨物を把持する。最後に、アーム部が貨物を荷積み位置まで移動し、ハンド部で貨物をリリースすることで一つの荷積み完了する。このとき、次の貨物をセンタリング部の直前まで移動させておくことで、連続した荷積みを実現する。

停車状態で全ての荷積み完了すると、ロボット全体が後退し、次の荷積みスペースを確保する。この動作を繰り返し、コンテナの奥から入り口まで順に荷積みを行う。

3. バンニングロボットの技術

ここでは、バンニングロボットに採用している技術について説明する。

3.1 ハンドリング技術

荷積み動作は、コンテナ内で行われるため、周辺の壁や天井に接触しないように貨物やロボットをハンドリングしなければならない。アーム部は、垂直多関節ロボットではなく、直交型ロボットを採用することで、メカニカルに可動範囲を

制限してコンテナとロボットとの衝突を回避している。この方式により、貨物とコンテナとの衝突確認を含め、アームの軌道計算を簡素化した。ロボットは、コンテナ内に進入するため、コンテナのサイズより小さくする必要がある。その一方で、コンテナ壁際まで荷積みするためには、ロボットの筐体(きょうたい)を越えてアームが動作しなければならない。通常の直交型ロボットは、筐体の大きさを越えた位置への移動ができないため、直動軸は独自の多段伸縮機構を開発した。

ハンド部は、貨物へのダメージを与えず、できるだけ落下を防止することが重要である。段ボール箱など、四角く平らな面がある貨物については、上面と側面を真空吸着する把持部を既に開発済み⁽¹⁾のため、今回は、ドーナツ型で表面に凹凸があるタイヤを貨物のモチーフとして開発した。

ハンド部の外観を、図6に示す。タイヤのビード部(タイヤとホイールの結合部分)を3本の爪で把持する構造で、一般的なサイズ(タイヤ内径が14インチから22インチ)に対応している。ハンド部の爪は、力制御で把持するため、内径の違いによる爪の位置制御は不要である。コンテナの天井付近まで荷積みをするため、できるだけ薄型化しているところも特長である。

コンベヤー上の多様な貨物を高速かつ安定的に把持するため、センサーやカメラを用いた位置検出を使わずに、メカニカルに位置決めをするセンタリング機構(図7)を開発した。摩擦が大きいタイヤを水平方向に自由に動かせるように、ボールコンベヤーを一時的に上昇させ、左右両側のセンタリングアームでタイヤ中心を一定の位置に合わせる。把持する直前にセンタリングアームを開き、ハンド部の3本の爪が内径に接すると、爪の力で均等に引っ掛かり、把持が安定する。

床面近くに荷積みする場合は、コンベヤー部よりも下までハンド部を下げ、天井付近に荷積みする場合は把持位置よりも高くハンド部を上げなければならないため、ハンド部の昇降軸として、独自の多段伸縮機構(図8)を開発した。

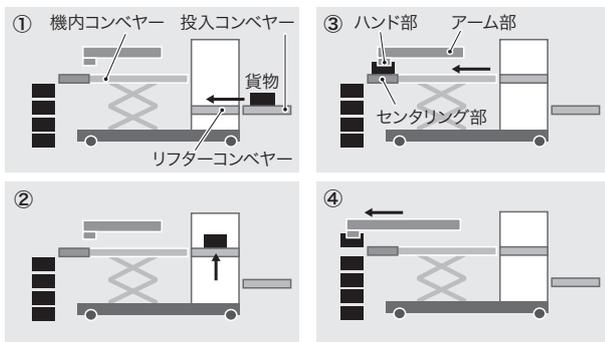


図5. 動作シーケンス

リフターコンベヤーへ貨物を供給(①)し、荷積み高さまで上昇(②)させた後、機内コンベヤーで前方のセンタリング部まで移動(③)させ、ハンド部で把持してアームで荷積み位置まで移動(④)させる。

Sequence of vanning robot operations

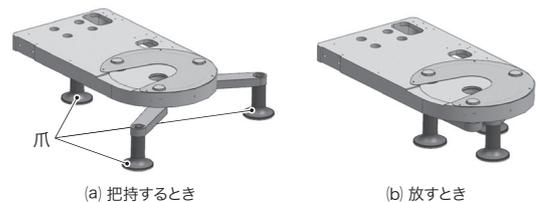


図6. ハンド部

天井付近まで荷積みするため、薄型化しており、3本の爪の開閉でタイヤのビード部を把持する。

Hand for grasping tire

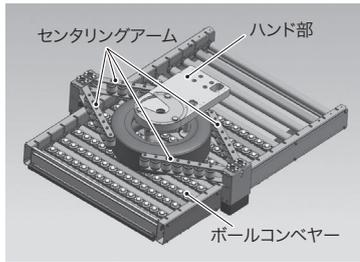


図7. センタリング機構

タイヤをボールコンベヤーに載せ、センタリングアームで把持することで、タイヤの中心を一定の位置に合わせる。

Centering mechanism

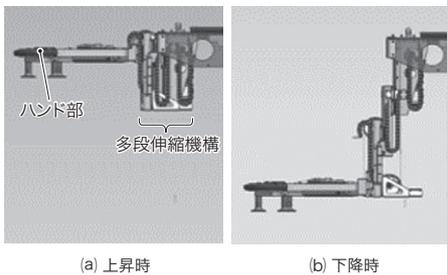


図8. ハンド部昇降軸の多段伸縮機構

独自の伸縮機構により、床面近くに荷積みする場合はハンド部を下降させ、天井付近に荷積みする場合は上昇させる。

Multistage mechanism for flexible adjustment of hand raising and lowering axis

3.2 自動軌道補正技術

最大貨物サイズの都合上、ロボットの全幅は、コンテナの幅よりも150 mm程度小さく、壁と接触させずに移動させるのは、オペレーター操作だけでは難しい。このため、LRF (Laser Range Finder) でコンテナやその周辺を検出し、ロボットの位置姿勢を自動的に補正する自動軌道補正技術を開発した。波状のコンテナ両壁からその中心線を算出し、狭いコンテナ内でも、コンテナ中心でかつ壁面と平行になるように制御するために、車輪は4輪独立の操舵(そうだ)・駆動方式を採用した。これにより、車輪のスリップや段差などによる姿勢の乱れにも即座に対応して軌道補正ができる。この技術により、オペレーターは、前進・後退の指示だけでロボットを移動できる。

3.3 遠隔監視技術

コンテナ内にあるロボットの動作や積載貨物の状態などは直接目視できないため、ロボットに360度カメラを4台設置した。左右の前方カメラでロボット進入時のコンテナ壁との相対位置や荷積み状態を確認し、ハンド部カメラで貨物や把持状態を確認する。後方カメラでは、ロボットが後退する

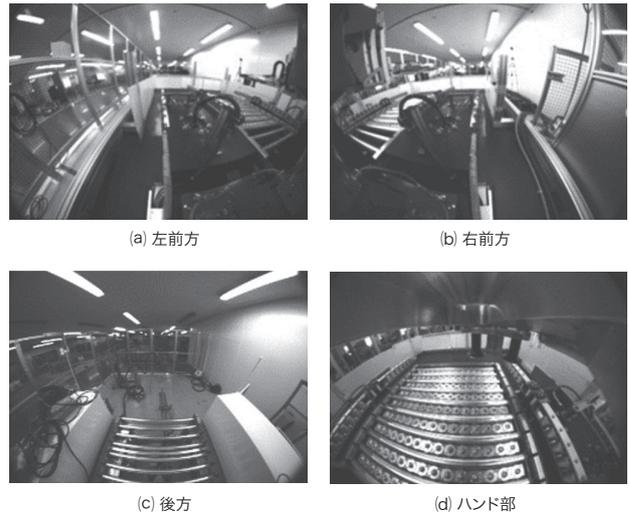


図9. 4台の監視カメラ映像の例

オペレーターは、4台のカメラ映像を監視し、異常が発生したらロボットを直ちに停止させる。

Example of images taken by four surveillance cameras

ときに後方の障害物などを確認する。オペレーターは、カメラ映像を監視し、異常が発生したらロボットを直ちに停止させる。監視カメラ映像の例を、図9に示す。

4. あとがき

開発中のバンニングロボットの概要と採用した技術について説明した。今後は、処理の高速化などの性能向上や、2021年度に予定している実際の物流施設への適用に向けた安全性、信頼性、操作性の向上などの技術開発を進める。また、取り扱える貨物の種類を増やすことや、コンテナからの荷降ろし作業(デバンニング)への対応も計画している。東芝の創業者である田中久重が掲げた「万般の機械考案の依頼に応ず」の精神で、新たなロボット開発に注力していく。

文献

- (1) 小川昭人, 村上 厚. 物流施設向け 自動荷降ろしロボット技術. 東芝レビュー. 2015, 70, 4, p.22-25.



堀内 晴彦 HORIUCHI Haruhiko
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
ロボティクス・物流システムソリューション営業部
技術士(機械・総合技術監理部門)
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



丸山 修 MARUYAMA Osamu
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
ロボティクス・物流システムソリューション営業部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.