

人とロボットの協働で製造ラインを省人化する ロボットアーム搭載型AGV

Automated Guided Vehicles Equipped with Robot Arm Realizing Labor Saving through Collaboration between Workers and Robots

寺田 明人 TERADA Akihito 堀江 一宏 HORIE Kazuhiro 原 直行 HARA Naoyuki

国内の労働人口の減少に伴う深刻な人手不足やアジアを中心とした賃金上昇の加速などから、生産現場の自動化が喫緊の課題となっている。現場での搬送作業は、搬送に加えて部品の載せ替えなどの移載作業も自動化することで、より大きな省人化が図れることから、設備投資の効果が大きくなる。

そこで、東芝グループは、製品や部品の移動を自動化するために、ロボットアームを搭載したAGV（無人搬送車）を開発し、社内外の生産現場への導入を進めている。半導体製造ライン向けには、ウエハーケースを搬送するロボットアーム搭載型AGVを、工場の製造ライン向けには、段ボール箱のパレット上への積み上げ作業を行う移動式パライザーを、それぞれ開発した。作業監視センサーによって作業者とロボット間の安全距離を確保することで、製造ラインの安全な作業を実現できる。

The automation of manufacturing sites is becoming an urgent issue in Japanese manufacturing industries as a result of the domestic labor shortage as well as wage increases centering around Asian countries. In particular, automated conveyance systems that can provide not only transport but also parts handling functions are expected to contribute to a reduced need for factory workers when investing in facilities.

In response to this situation, the Toshiba Group has been working on the development of automatic guided vehicles (AGVs) equipped with different robot arms to perform various types of functions and has been introducing these AGVs to manufacturing sites both within and outside the company. We have now developed an AGV equipped with a robot arm to transport semiconductor wafer cases for semiconductor lines, and a mobile palletizer to perform the task of stacking cardboard boxes on pallets for production lines of general sites. These AGVs contribute to the enhancement of worker safety on the production line by monitoring workers using sensors so as to secure a safe distance from them while operating.

1. まえがき

我が国では、労働人口が大幅に減少して人材確保が一層厳しくなってきたことや、アジアを中心とした賃金上昇の加速などから、生産現場の自動化が求められている。現場での搬送作業は、作業者が部品を台車に乗せて移動する場合が多い。このため、東芝グループは、低コストのAGVを開発したり、市販のAGVを活用したりしながら、社内の生産現場への展開を推進している。

しかし、AGVで部品を搬送するだけでは、AGVへの部品の載せ替え作業が残るため、省人効果は小さい。そこで、東芝グループは、省人効果をより大きくするため、**図1**に示すように、AGV自身で製品や部品を製造装置にセットしたり、マーシャリング作業^(注1)やキッティング作業^(注2)を行ったりできるロボットアームを搭載したAGVの開発を進めている。これにより、搬送作業だけでなく移載作業も自動化できるため、投資効果が大きい生産設備になると考えられる。

(注1) 必要な部材を集めて、工程に供給する作業。

(注2) 1台分の製品組立に必要な部品をまとめて一つの箱などに集める作業。

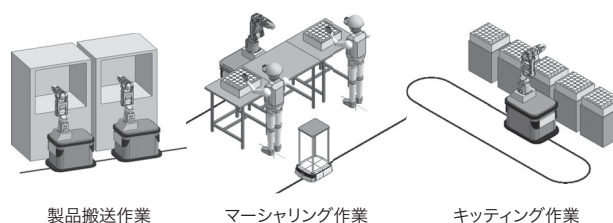


図1. ロボットアーム搭載型AGVの活用例

ロボットアームを搭載したAGVにより、搬送だけでなく製造装置内への部品のセットや、マーシャリング、キッティングなどの作業も実施できる。

Examples of application of AGVs equipped with robot arm

また、製造現場の用途により、様々な要求のロボットアームが必要とされる。そこで、**図2**に示すように、用途に合わせたロボットアームを搭載できる、AGVの車体の共通化を開発コンセプトとしている。例えば、小型サイズのAGVと直流24V電源で動くロボットアームや、中型サイズのAGVと交流200Vで動くロボットアームを組み合わせることで、製造ラインの要求に合わせた構成を実現できる。ここでは、東芝グループにおけるロボットアーム搭載型AGVの開発事例

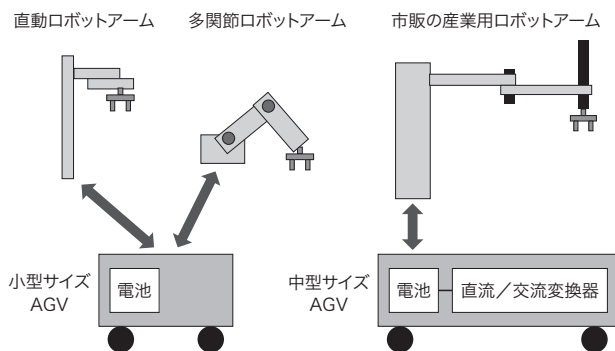


図2. 共通AGV車体とロボットアームの組み合わせ

AGV車体を共通化することで、必要に応じたロボットアームを搭載して様々な用途に対応できる。

Combination of common AGV platforms and robot arms

について述べる。

2. 半導体製造ライン向けのロボットアーム搭載型AGV

半導体製造ライン向けのAGVは、小型サイズのAGV上に半導体ウエハーケースを搬送するロボットアームを搭載している。このAGVには、機能性だけでなく安全性や製造現場の狭小な通路に対するコンパクト性が求められる。労働安全衛生法の規則により、工場内の機械間通路の幅は800 mm以上と定められているため、小型サイズのAGVの幅は、最小通路幅の800 mmでも通行可能な400 mmとしている。

直流電圧で動く市販ロボットの種類は少ないため、図3に示すような自重補償機構を付加した多関節直進アームを開発した⁽¹⁾。この自重補償機構は、ロボットアームの自重トルク

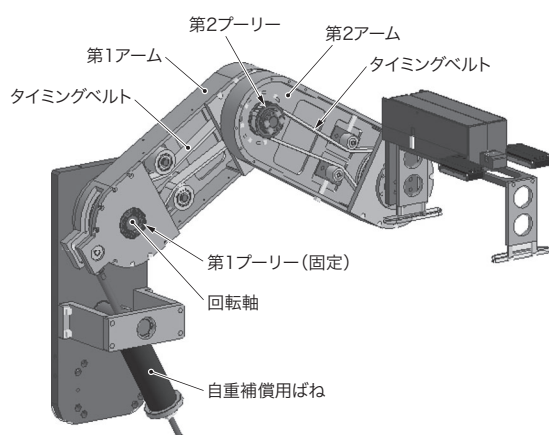


図3. 自重補償機構付きロボットアーム

第1アームに取り付けられた自重補償用ばねで、第1アームと第2アームの自重を釣り合わせてキャンセルしている。

Robot arm incorporating weight compensation mechanism

をゼロにできるため、モーターの小型化・低出力化が可能になる。

また、密集した製造装置や中間バッファ棚に部品を入れられるように、図4に示すような、YZθの3軸ロボットアーム搭載型AGVも開発している。表1にその装置仕様を示す。図5に示すように、ロボットアーム先端部分及びハンド部分を従来に比べて幅方向に約22%、高さ方向に約34%縮小化し、搬送の適用範囲を広げている。ロボットアームは、Y軸方向が直動アームで、アーム自身のガイド機構で自重を支えるため、Y軸を駆動するモーターの出力を小さくできる。周辺の作業員への安全確保については、図6に示すように、AGVの前後に取り付けたLRF (Laser Range Finder) で、AGVの走行時やロボットの動作中に一定範囲に近づく作業員を監視し、作業員が一定範囲内に接近した場合は、動作を停止する(停止の原則)。

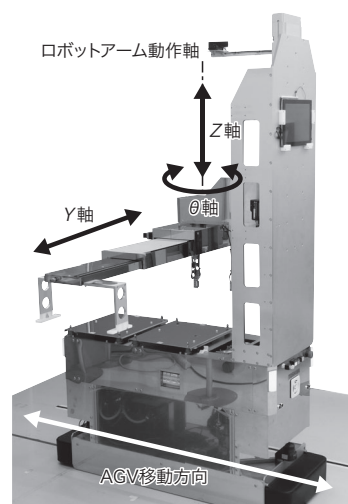


図4. ロボットアーム搭載型AGV

前後に動くAGVの上に、半導体ウエハーケースを搬送する、YZθの3軸ロボットアームを搭載している。

AGV equipped with robot arm

表1. ロボットアーム搭載型AGVの装置仕様

Hardware specifications of AGV equipped with robot arm

項目	仕様
サイズ	0.4(幅)×1.0(奥行き)×1.8(高さ) m
可搬質量	10 kg
移載部品	半導体ウエハーケース
リーチ長	660 mm
ロボット軸数	3軸
ガイド方式	光学式ライトレール方式
駆動方式	2輪速度差方式
停止精度	±1 mm以下
移動方向	前、後、スピターン

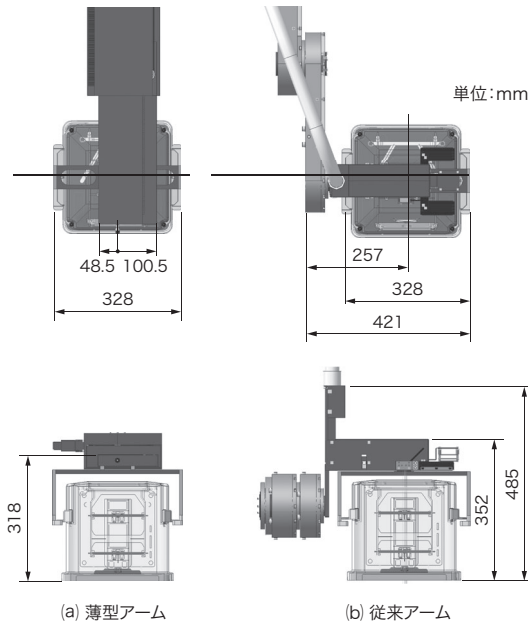


図5. 薄型アームと従来アームの比較

薄型アームは、従来アームに比べてアーム先端部を小さくしているため、密集した装置や中間バッファ棚への部品移載ができる。

Comparison of conventional and newly developed thin arms

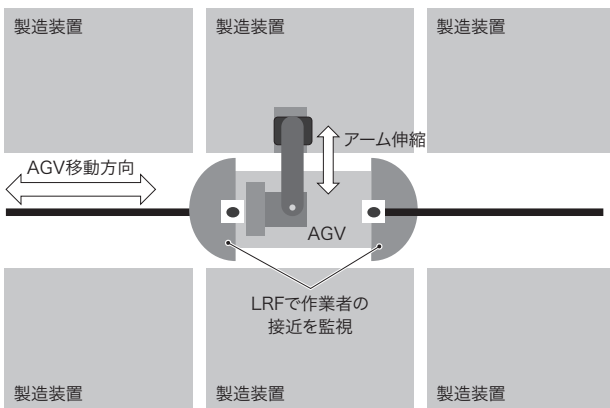


図6. ロボットアーム搭載型AGVの安全対策

AGVの前後に取り付けられたLRFで、作業通路を通る作業者の接近を監視する。

Safety measures for AGV equipped with robot arm

3. 移動式パレタイザー

工場の製造ラインでは、製品の入った段ボール箱をパレット上に積み上げるパレタイズ作業後に、パレットごと輸送することが多い。通常、この段ボール箱は、作業者がパレットに積み上げるか、工場内に固定されているパレタイズロボットを使用して積み上げられる。したがって、パレタイズロボットをAGVに搭載することで、作業者を介さずに複数のコン

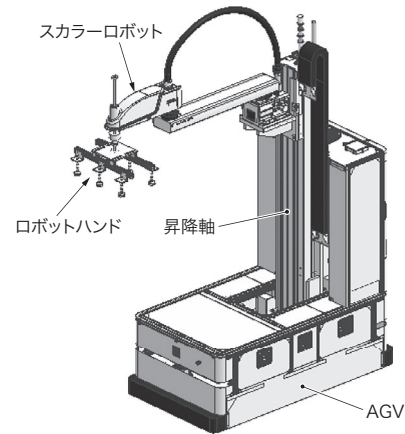


図7. 移動式パレタイザー

直流／交流変換器を備えたAGVの上に、交流200Vで動くパレタイズロボットを搭載した構成である。

Mobile palletizer

表2. 移動式パレタイザーの装置仕様

Hardware specifications of mobile palletizer

項目	仕様
サイズ	0.8(幅)×1.5(奥行き)×2.4(高さ)m
可搬質量	15 kg (ハンド含む)
移載部品	段ボール箱
リーチ長	1,200 mm
ロボット軸数	5軸
ガイド方式	光学式ライトレース方式
駆動方式	2輪速度差方式
停止精度	±10 mm以下
移動方向	前、後、スピターン

ベヤーから複数のパレットへのパレタイズを実現できる。

開発した移動式パレタイザーの外観を図7に、仕様を表2に示す。パレタイズロボットは、産業用ロボットに該当するため、ロボットアーム搭載型AGVである移動式パレタイザーも、安全柵又はそれに相当する安全システムを構築する必要がある。移動式パレタイザーを運用する際、パレット上への段ボール箱の積み上げを完了すると、パレットを移動するため作業者がAGV作業エリア(安全認識エリア)に立ち入る必要がある。このようにAGVと作業者が協働して作業を行うため、図8に示すように、パレタイズするエリアを複数に分ける。作業者が立ち入るエリアにAGVがある場合には、AGVを移動させ、その後、安全センサーであるライトカーテンで作業者とAGV作業エリアを仕切り、監視制御を行う。これにより、AGVと作業者が隔離され、安全に作業できる(隔離の原則)。更に、これらの制御システムは、通常動作を担う一般制御系とは別に、安全制御を担う安全系シス

テムとして個別に構築している。これにより、一般制御系の不具合などが、安全系システムに影響を与えることがなくなるため、安全にロボットを停止できる。また、安全系システムは、信頼性の高い部品で構成されており、安全規格であるISO 13849 (国際標準化機構規格 13849) に基づく安

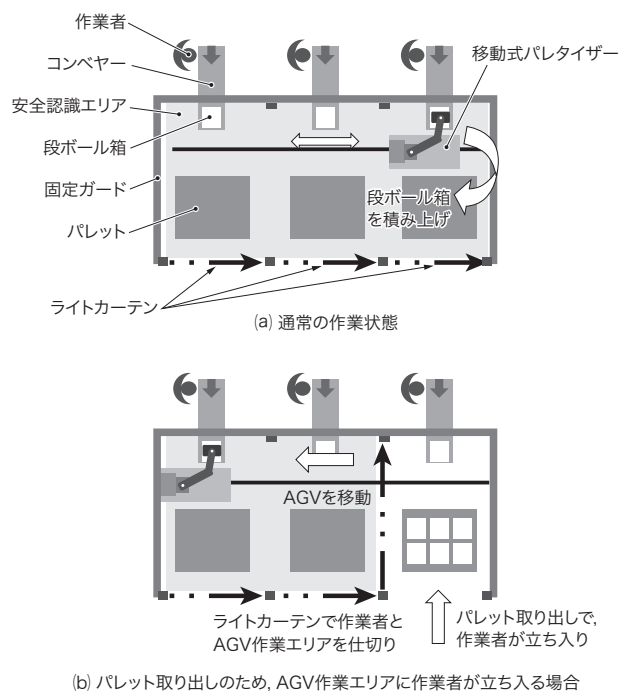


図8. 移動式パレタイザの安全対策

AGVと作業員のエリアを能動的に切り替え、AGVと作業員を隔離することで、安全な作業を実現する。

Safety measures for mobile palletizer

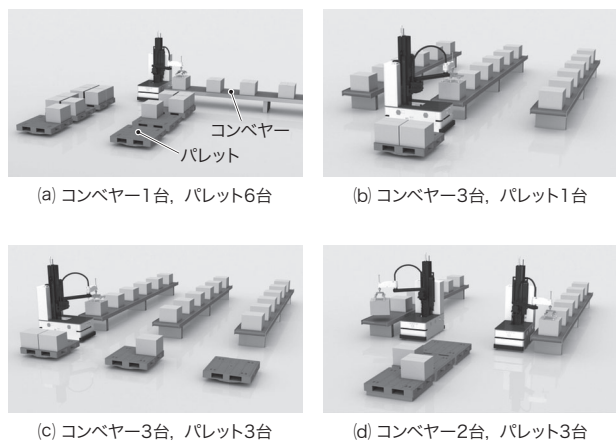


図9. 移動式パレタイザを使用する際のコンベヤとパレットのレイアウト例

AGVにより、移動してパレタイズ作業ができるので、コンベヤとパレットのレイアウトを自由に設計できる。

Example of conveyor and pallet layouts when using mobile palletizer

全度合いを定量的に示す指標のPL (パフォーマンスレベル) で、d (単位時間当たりの危険側故障発生確率が、 10^{-7} 以上 10^{-6} 未満)相当を実現している。

移動式パレタイザは、図9に示すように、生産形態に合わせてコンベヤとパレットを配置でき、生産性の向上や投資コストの観点から導入効果の大きい生産設備として稼働できる。更に、複数台のAGVの運行をサイバー空間で最適化し制御するCPS (サイバーフィジカルシステム) を実現することで、更なる生産性の向上が期待できる。

4. あとがき

AGVにロボットアームを搭載したロボットアーム搭載型AGVについて述べた。AGVを共通化し、用途に合わせてロボットアームを選択することで、製造ラインへの適用幅を広げることができる。

今後、AGVの複数台の運行をCPSにより最適化し、生産を効率化することも含めて、東芝グループ内外の製造現場への適用を図っていく。

文献

- 坂本 慎, ほか, “ロボットアームを搭載した無人搬送車の開発”, IIP2017 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, 東京, 2017-03, 日本機械学会, 2017, G-01. (CD-ROM).



寺田 明人 TERADA Akihito
研究開発本部 生産技術センター
メカトロソリューション推進部
Mechatronics Engineering Solution Dept.



堀江 一宏 HORIE Kazuhiro
東芝インフラシステムズ (株)
産業システム事業部 産業システム企画部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



原 直行 HARA Naoyuki, Ph.D.
研究開発本部 生産技術センター
メカトロソリューション推進部
博士 (工学) 日本ロボット学会・日本機械学会会員
Mechatronics Engineering Solution Dept.