

# 柔軟な生産体制の構築：車体生産構造改革

## Developing a Flexible Production System: Transforming Vehicle Production Process



師 田 一 伸① Kazunobu Morota  
 村 上 卓② Taku Murakami  
 田 坂 嘉 彦③ Yoshihiko Tasaka  
 西 尾 昂 礎④ Takato Nishio  
 鶴 田 浩 平⑤ Kouhei Tsuruta  
 岡 田 大 貴⑥ Taiki Okada

米国市場ではオフロード4輪ビジネスの堅調な成長が見込まれており、当社のグループビジョン2030においても、2030年までにモーターサイクルで20%～50%、オフロード4輪車で40%～60%の売上高成長率を見込んでいる。グループビジョン達成に向け成長戦略を実現するため、顧客の要求に柔軟に対応でき、極限までのコスト削減と高効率生産を実現する生産プロセスの改革を車体生産などにおいて推進中である。

The US market for off-road vehicles is projected to experience steady growth. Our Group Vision 2030 anticipates a sales increase of 20% to 50% for motorcycles and 40% to 60% for off-road vehicles. To implement this growth strategy and achieve our Group Vision, we are driving the reform of our production processes related to vehicle assembly. This transformation aims to meet customer demands flexibly while achieving maximum cost reduction and the highest production efficiency.

### まえがき

北米市場におけるオフロード4輪車市場の成長や、昨今のスーパースポーツ系モーターサイクルの販売増など、カワサキモータースを取り巻く市場環境は堅調な成長が見込まれている。

### 1 背景

当社のグループビジョン2030の達成とそれに続く企業の持続的成長のため、製品を迅速に顧客へ供給し続けることで確実に収益を確保して、グローバル市場で競合他社をしのご企業へと発展することを目指している。

この目標を達成するためには、各生産拠点で製造コストの削減と効率的な生産を追求すると同時に、顧客の要求に柔軟に対応できる生産体制を構築することが不可欠である。

明石工場の役割は、各生産拠点の真のマザー工場としてDX推進の先駆けとなり、生産技術開発および生産プロセスの改革において他工場をリードしていく存在であるべきと考える。明石工場の生産工程の中で、最終製品の生産工程である車体組立工程と部品管理・搬送プロセスを最初のターゲットに設定して、デジタル技術を活用した工場の見える化と、それを基にした生産プロセスの改革に着手した。

### 2 課題と対応方針

車体組立に関連する生産プロセスには以下の課題がある。

#### (1) 車体組立ライン

車体組立工程は製品の最終品質を決定するだけでなく、市場の需要変化や部品供給問題といった外乱にも柔軟に対応することが求められており、鑄造・機械加工・溶接・塗装などの部品製造ラインを含む全体の生産活動を円滑に行ううえで重要な工程である。車体組立工程がこの重要な役割を果たすためには、イレギュラーな状況においても迅速に生産ラインを再編成して、生産計画を達成することが必要である。

現状の車体組立では、各ラインごとに生産できる機種が固定されているため、増産時に他ラインと並行して生産する場合や他ラインでトラブルが発生した場合に、工程振替を行うため数カ月を要する。この原因は、ラインサイドのスペースが部品棚で埋まっており部品を供給する間口が不足していること、また、各部品には誤組み防止のための部品ポカヨケが設置されているため部品棚の追加や位置を変更するには配線の変更工事が必要となるためである。

これらの課題を解決するため、生産ラインの進捗に同期して都度ラインに必要な部品のみを供給することで、ラインサイドの部品棚と部品ポカヨケ（図1）を撤廃することを考えている。



図1 ラインサイドの部品棚とポカヨケ  
Fig.1 Parts racks and poka-yoke system along the lineside

## (2) 部品管理プロセス

組立ラインの進捗に同期して必要な部品のみをラインサイドに都度供給する場合、これまでラインサイドで保管していた部品は、別の場所で保管する必要がある。また、サプライチェーンのグローバル化による海外輸入部品の増加により、輸入部品専用の社外倉庫から明石工場への部品搬入の頻度が増えていることや、国内調達部品の取引先側での不測事態発生によるJIT（ジャストインタイム）供給の停滞などが発生している。これら状況を鑑み、

- ・明石工場内の部品倉庫にて、国内調達部品および海外調達部品を集中管理できる環境
- ・部品倉庫からラインに対して必要部品のみを都度供給できる環境

を構築するため、部品管理方式の抜本的な変革が必要である。

## (3) 部品搬送プロセス

明石工場内での部品搬送は、工場構内ではターレットト

ラックおよび自転車での搬送、工場間ではトラック輸送による方式を採用しており、人手に頼っている。

近年、少子高齢化による労働人口の減少が進んでおり、これに伴い労働力の確保がますます困難になっている。そのため、人手に頼るプロセスが多いほど、将来の生産活動に支障をきたす可能性が高まっている。

そこで、運搬作業のような付加価値を生まないプロセスに対しては、人的資源を投入しない方法を優先的に考える必要がある。

## 3 取組状況

車体組立に関連する生産プロセスの課題解決のため、以下のように取り組んでいる。

### (1) 生産同期型の部品供給方式

組立ラインの進捗に同期した部品供給と部品ポカヨケ付きの部品棚撤廃のため、生産進捗に同期して必要部品を算出するシステムADS：Automated Delivery Systemを開発する。

各機種別の必要部品情報であるBOM情報と車体組立ライン別の組立順位情報を基にして、組立ライン上における製品1台単位の進捗情報を取得できるようにする。

図2に示すように、ADSからは以下の指示が作成される。

- ・生産進捗に同期した倉庫への部品ピッキング指示
- ・ピッキング済み部品のラインサイドへの搬送指示

これらの指示は、後述する部品倉庫管理や部品自動搬送の各機能と連携する。これにより、組立工区ごとに必要な部品が台車で準備され、適切なタイミングでラインサイドへの部品供給が可能となる。

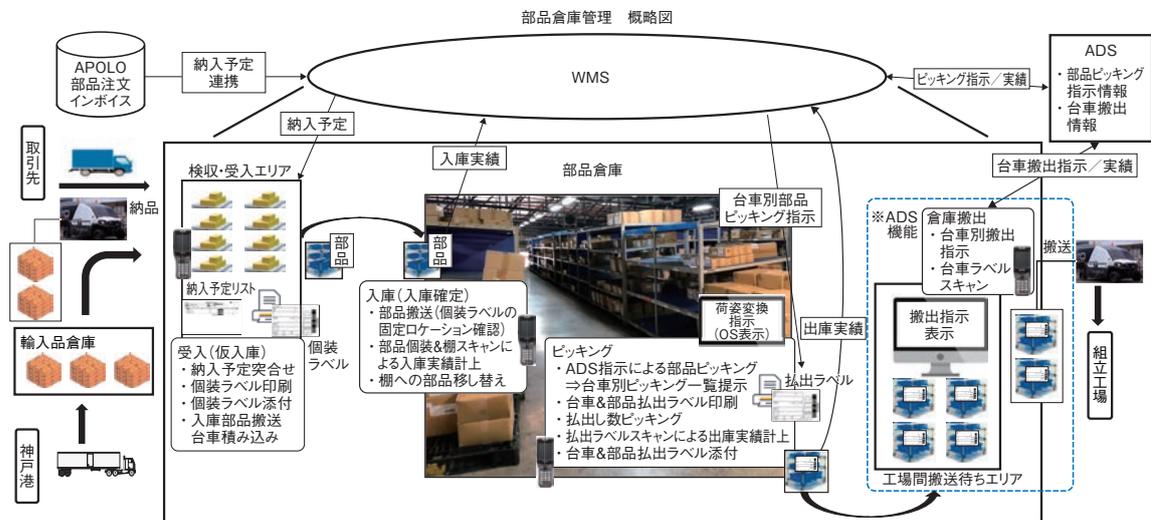


図2 部品倉庫管理および周辺システム概略図  
Fig.2 Overview of the WMS and its peripheral systems

(2) 部品倉庫管理

部品供給体制を実現するため、図2に示すように明石工場内に新たに部品倉庫を設け、あらゆる部品を一括管理する環境を構築する。

倉庫での部品管理においては、数万点にもおよぶ部品を限られたスペースで効率よく管理するため、流動的に保管場所を変更するフリーロケーション方式を採用する。部品倉庫管理システムWMS: Warehouse Management Systemを導入し、部品の入庫から出庫に至るまでのプロセスをシステムによってすべてを管理する。部品の出庫指示については、前述のADSよりサイクリックかつタイムリーに台車単位の部品ピッキング指示を出力し、連携して一連のプロセスを管理する。

また、部品倉庫の省スペース化と省人化の観点から、高さ方向を有効に活用した自動立体倉庫の活用も視野に入れ、費用対効果のバランスを見ながら導入を検討している。

(3) 工場内部品自動搬送システム

部品搬送を自動化するにあたり、市販されている各メーカーの搬送車両やシステムを市場調査した結果、明石工場環境や使用用途に適したシステムは限定的であり、また高額であることも分かった。そこで物流業界の先端技術である自律走行技術を取り入れたAMR: Autonomous Mobile Robotの自社開発に取り組むこととした。

(i) 自律走行技術

内製のAMRの外観を図3に、仕様を表1に示す。自律走行の仕組みは、事前に用意した環境データとAMRに搭載しているLiDARで測位した距離データを照合させ自己

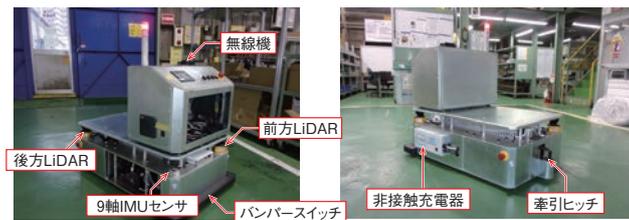


図3 内製AMR 外観  
Fig. 3 Appearance of the AMR developed in-house

表1 AMR仕様  
Table 1 Specifications of the AMR

車両サイズ [mm]	D1, 200×W750×H1, 130	
重量 [kg]	200	
駆動方式	差動二輪駆動	
定格速度 [km/h]	4.7	
牽引重量 [kg]	300	
停止精度	距離 [±mm]	10
	角度 [±°]	1
バッテリー容量 [Ah]	23	
充電方式	非接触急速充電	
充電電流 [A]	30	

位置を推定しながら走行を行うSLAM: Simultaneous Localization and Mapping方式である。さらに車輪の回転数からAMR移動量をフィードバックするオドメトリ技術を掛け合わせ、9軸IMUセンサにより走行姿勢や微小なスリップといった補正をかけることで高度な自己位置推定を行う。

(ii) フレキシブルな走行ルート設定

AMRの走行ルート・停止ポイント・走行ルールといった設定は全てソフト上で行う。車体組立ラインにて作成した地図データと走行ルートを図4に示す。図中に示すサブラインでは、フレームにエンジンや前後足回りを組み付ける作業を担っている。サブラインは通路を跨いでメインラインに繋がっており、車体に周辺部品を組み付けて完成車に仕上げるライン構成となっている。まず、AMR本体を手動で操作して壁や柱といった情報を2次元点群データとして取得する。次に取得した情報を編集して地図データを作成する。その後、走行ルートや停止ポイントなどを設定する。地図データは分割して作成することも可能なため、広大なエリアであっても容易に作成・編集ができる。同様に建屋内レイアウトを変更した場合や走行ルートや停止場所の変更についても、柔軟かつ即座に対応可能である。

(iii) 人・物との共存

人や物が走行先に存在する場合でも、ガイドレスのため障害物を回避して走行することが可能である。走行ルートが固定されているAGVの場合、障害物がある場合は停止させざるを得ないが、今回開発したAMRは回避走行が可能であり、必要なタイミングで部品を配送しなければならない点においてなくてはならない機能である。

(iv) 上位システムとの連携

複数のAMRとADSを連携させるために、AMRの群制御システムを開発した。ADSから指示された情報をもとに群制御システムが各AMRを適切に配車し、搬送の指示を与える。群制御管理画面では、各AMRの走行位置・機器状態・搬送状況のモニタリングが可能でトラブルが生じた際のログ取得や搬送履歴といったフィードバックも可能となる。

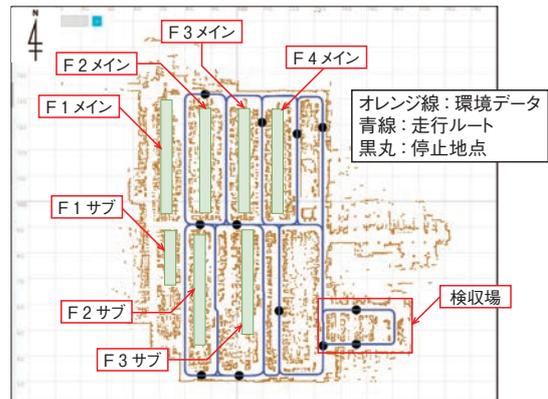


図4 地図データと走行ルート  
Fig. 4 Map data and travel route



図5 MUGV車両外観  
Fig. 5 Appearance of the MUGV

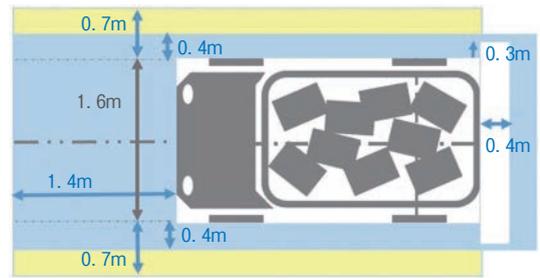


図6 周囲検知範囲  
Fig. 6 Surrounding detection range

#### (v) 安全機能

開発したAMRには無人搬送システムの安全に関する国内規格であるJIS D 6802<sup>1)</sup>で規格化されている安全機能を設けている。安全装置を制御するコントローラは走行制御コントローラやPLCとは別系統で用意しておいて、安全装置が作動した場合に、直ちに走行を停止する回路で構成する。機器構成としては非常停止ボタン・AMRの衝突を検知するバンパースイッチ・レーザースキャナでAMR周囲に防護領域を作り、速度やカーブなど状況に応じて領域を変更可変する仮想バンパーで構成する。いずれも安全認証を取得している機器を採用している。

#### (4) 工場間部品自動搬送システム

ADSの指示に基づいて部品倉庫でピッキングされた部品の工場間搬送は、MUGV（図5）を活用して自動搬送する。

工場間（屋外）の部品自動搬送車両であるMUGV：Multi-use Unmanned Ground Vehicleは、人が乗って運転することも可能な車両であるが、自律運転を可能とするためには、ハンドル・アクセル・ブレーキなどの人による操作入力から、速度やステアリングなどを自動制御する「走行コントローラ」と、LiDARセンサの取得データにより車両の現在位置と周囲の障害物を把握して定められた走行ルートの自律走行を制御する「自律制御コントローラ」の2つのコントローラが必要である。特に自律制御コントローラの開発にあたっては、歩行者・自転車・トラックなどの運搬車両などが煩雑に行き交う工場内で無人車両を安全に走行させるため、保険会社にリスクアセスメントの実施を依頼するなどして、自律制御の仕様や安全機器の搭載など運用時の安全を第一として開発した。自律走行の方式は、基本的にAMRと同様であるが、LiDARセンサは3次元のものを使用して、地図データには速度制限・横断歩道・交差点などの情報を付与して、より高度な自己位置推定と環境把握を行っている。

自律制御コントローラのソフトウェアにはオープンソースの自動運転OSであるAutowareを用いている。幾度も動作検証を重ね、走行中の障害物への対処として、以下の機

能を実装している。

#### ① 車両前方の障害物を検知して追従および停止機能

障害物の5m手前で停止するよう減速し、障害物が動く場合は最少4mの距離を保ち追従することが可能である。

#### ② 左右後方の障害物の検知機能

図6に示すように、車両周囲の障害物を検知して減速・停止することが可能である。（黄エリア：減速、青エリア：停止）

#### ③ 動体予測を取入れた動作

AIを使用し、横断歩道や交差点では移動物体の動体予測をすることにより、予測に基づいて動作継続・減速・停止などの判断を行うことが可能である。

### あ と が き

実際の生産現場へ車体組立の生産プロセス改革の導入を完遂して、グループビジョン2030に掲げている成長戦略達成に貢献していく。そして、真のマザー工場として他拠点をリードして、グループ全体の製造コスト低減と高効率生産を徹底的に追求することで確実に利益を確保し、グローバル市場で競合他社を凌駕する企業へと成長していくことを目指す。

### 参 考 文 献

- 1) JIS D 6802:2022 無人搬送車及び無人搬送システム—安全要求事項及び検証



師田 一伸



村上 卓



田坂 嘉彦



西尾 昂 礎



鶴田 浩 平



岡田 大 貴