

論文・解説

38

モジュール部品搭載装置の開発 Development of Module Installation Equipment

木村 訓司*¹ 沖中 幸浩*²
Kunji Kimura Yukihiro Okinaka

要約

マツダ本社工場の車両組立ラインは自動化が困難な環境にあり、作業の多くは人手に頼る労働集約型の生産ラインである。近年欧米を中心に、機能統合/アウトソーシングによるコスト削減、商品性向上を狙いとしたモジュール部品が採用され、日本においても各社で採用され拡大基調である。マツダではアテンザ、新型デミオからモジュール部品の本格的な採用を実施した。車両組立領域ではモジュール化により工程のシンプル化・不具合のゼロロスタ化などの多大な効果を期待している。一方でモジュール化(大型化,重量増)によるエルゴノミクス対策・部品間の折合精度への取り組みが必要になった。

従来、車両組立領域ではタイヤなどの重量物はラクラクハンドに代表される安価な重量補助装置を用いてエルゴノミクス対策を進めてきたが、モジュール部品の取付工程開発においてはこの活動を一歩進めて重量補助のみならず、部品取付位置の精度保証を合わせたモジュール搭載装置を実現した。本稿では、宇品工場/本社工場に量産導入したフロントエンドモジュール(以下FEM)、インストルメントパネルモジュール(以下IPM)の搭載装置を開発・導入した取り組みを紹介する。

Summary

Final assembly line is what is called a "labor-intensive line" which almost work on human operation because of difficult automation. Currently in Europe and America, many automakers have adopted module parts in vehicles for cost reductions and product marketability improvement. In Japan, module parts are on the increase. Mazda has introduced modular parts into vehicles such as Atenza and New Demio. In a final assembly area, we expect significant effects of simple work-process by modularization. On the other hand, it is necessary to establish assembly process ergonomics for module parts (large and heavy).

Until now we have been taking measures for Ergo by low-price weight reduction equipment typified by Raku-Raku Hand. But development of installation equipment for New Demio Modules, we have attained not only Ergo but also high accuracy of module installation positions. This paper introduces our activities.

1. はじめに

アテンザ、新型デミオを皮切りにFEM, IPMに代表されるモジュール部品の採用が本格化して、今後の新車へ拡大基調にある。車両組立領域では、このモジュール化を機に工程のシンプル化、品質に起因する不具合等のゼロロスタ化を図り多大な成果を予測している。その反面、組付部品

の大型化による作業環境の悪化及び完成車での折合精度起因による品質不良等の懸念事項もあった。

マツダでは、防府工場ではモジュール化に対応したシンプルベースライン生産方式を構築し、モジュール部品の搭載作業については自動化を基軸に展開して技術の蓄積を図ってきた。一方本社/宇品工場では、工場の立地条件/作業条件等の環境面からタイヤ取付に代表される重量物搭載作

* 1, 2 車両技術部
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

Table 1 Heavy Load Work of Vehicle Assembly Shop

No	Item	Ujina	Hofu
1	Sliding Roof Install		
2	Tire Install		
3	Spare Tire Install		
4	Front Sheet Install		
5	Rear Sheet Install		
6	Instrument Panel Install		
7	Battery Install		
8	Glass Install		
9	Gasoline Tank Install		

業は、重量補助装置を導入して作業負荷軽減を図っている (Table 1)。

モジュール部品の搭載作業に求められるのは、重筋作業からの解放に加え完成車状態での折合精度・機能精度を保証するための組付作業精度である。今回、この要求に対応した半自動搭載装置を本社/宇品工場へ導入した。

2. 重量物搭載の現状

各自動車メーカーとも、エルゴノミクス対策として重量物搭載の設備対応を図っているが、その方法は以下の3つに大別できる。

① ロボット等を使用した自動取付装置

自動化は、その特徴である組付作業の精度保証や作業工数の削減面で優れている。反面、工程の柔軟性や設備投資の採算性などのデメリットもある。特に、人間主体の車両組立領域では、有効工程数の増加が致命的な欠陥となる場合があり、モジュール化と自動化との工程バランスを熟慮する必要がある。

② 人がエルゴアームを操作する重量補助装置

設備投資・工程の柔軟性の面で優れている。反面、使い勝手(自由度、慣性力)の面で人の熟練度に依存したところがあり、作業工数はむしろ増加する傾向になる。

③ 取付作業の一部を自動化した半自動化装置

①②の折衷型であるが、装置が専用化するうえ、人と装置が共存するため安全対策面での投資がかさむ傾向にある。課題は、人がいかにイニシアティブをとって、装置を使いこなせるかであり、作業習熟に期間が必要である。ただし、採算面・作業精度面での効果は非常に高い。3つの方法ともメリット/デメリットが交錯し (Table 2)、各社とも、車両側の条件、投資環境、コンベア形態(自動

取付の基本は一旦停止コンベア)により選択している状況である。

3. モジュール搭載の課題

本社/宇品工場のコンベア形態は、チェーン駆動の連続搬送コンベアであるため自動化が困難であり、大物部品は主として重量補助装置を多用している。しかし、モジュール部品の取付作業に必要な位置決め精度を確保するには、人への依存度を軽減する必要がある。

今回、導入したFEM & IPMでの要件は、

a 部品重量30~47kgの作業負荷の軽減

b 部品搭載スキ10.0mmの確保

c 部品の組付精度 ± 1.0 mmの確保

などがあり、これを満足する技術的な課題は、

a - (1) モジュール部品の仕様差による部品種類間の重量差を吸収する機能

b - (2) コンベア上のボデー位置検出

b - (3) 連続搬送車両への装置の同期追従

b - (4) 作業者の装置操作性の向上

c - (5) 連続搬送時の振動するボデーへモジュール部品を密着させる構造である。

4. モジュール搭載装置の開発活動

4.1 モジュール搭載装置の開発方針

モジュール搭載装置は、車両側からの要件に加え、生産側の要求である工程の柔軟性及び採算性の確保を基本に、現状のコンベア形態で作業精度の保証と作業工数削減を図り自動化要素を加味した半自動化装置の導入を決定した。

今までの半自動化装置の問題点は、装置の専用化/安全対策による投資増大である。今後のモジュール部品の拡大展開(国内外も含めた)を前提に、装置の汎用性と作業者の安全性の確保及び設備・装置の標準化を目的に装置の設計を内製化する取り組みとした。

4.2 技術課題解決の活動

(1) モジュール部品種類間の重量差を吸収する機能

車両組立工場は、多車種混流生産が前提であり取り扱う部品は車種間、同一車種内の仕様差で大きく変化する。今回、導入したIPMは、モジュール自体の重量差は17kgあり、これが搭載装置及び人間作業に与える影響が大きいため、ワーク重量に合わせたアシスト力を得る機構を採用した。

具体的には、走行レール上の旋回アーム部にロードセルを取付後、IPMを持ち上げた時に、その重量を計測してアームのバランス圧力にフィードバックする方法を用いた (Fig.1)。その結果、部品重量に影響を受けず3~4kgの安定した操作力で作業を行うことができた。

(2) コンベア上のボデー位置検出

車両組立工場のコンベアは、部品組付作業の方向や組付

Table 2 Method Compare

	Quality	Reduct Workingtime	Cost	Flexibility
Auto				
Weight Assist				
Semi-Auto				

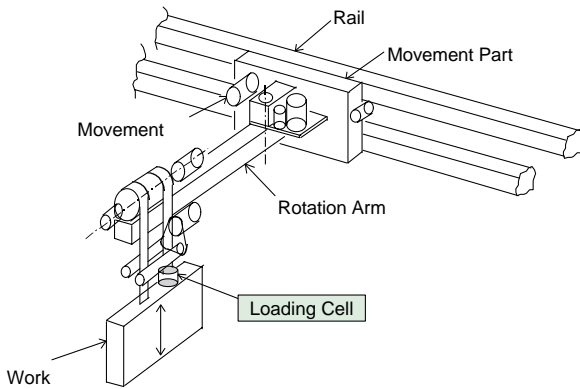


Fig.1 Mechanism Outline of Measuring Weight

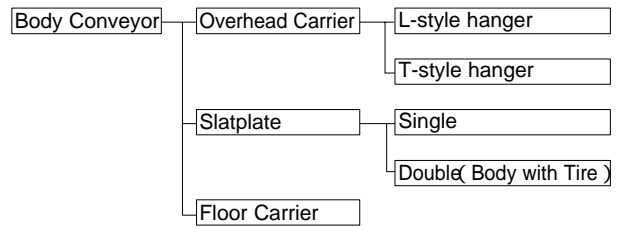


Fig.2 Conveyor Style at Vehicle Assembly Shop

過程での部品の有無により様々な搬送方式を採用している (Fig.2)

コンベアとボデーの位置関係は、ハンガーの製作バラツキ、ハンガー上のボデー位置バラツキ、スラットコンベア上の着地位置のバラツキ、部品の組付作業中でのボデー位置ズレなどの影響で、100.0mmのレンジでバラツキを発生させている。この環境の中で、搭載スキ10.0mmに対応するには、ボデーの位置検出は絶対不可欠である。このボデー位置検出では、傷・打痕などの品質問題を回避するため、非接触の視覚センサを用いた画像処理によりボデーの位置検出を確実なものにした。

具体的には、FEM搭載で目的位置へ運ぶ途中の定ポイントにて、ボデー側のFEMの締結穴を視覚カメラで検出して、前後/左右方向のボデー位置を計測して搭載装置の位置補正を行った。これにより、装置自体の自走できる環境が整い自動走行機能の織り込みが可能となった。

(3) 連続搬送車両への装置の同期追従

連続搬送されるボデーに対するモジュール部品の搭載軌跡を確保するには、コンベア速度への追従(コンベア同期)が必要になる。本活動では、同期追従位置の精度を搭載スキの半分である±5mmの狙いで開発を行った。モジュール搭載ではハンガー(又はボデー)と装置を機械的に係合することでコンベア同期を図った。具体的には、FEMでハンガークランプ部と搭載アームを同一ベース上に配備し、ハンガークランプ部は、ボデー進行方向にフローティングできる構造を採り、ハンガーとボデーの位置関係を補正した後ロックする機能を付加した (Fig.3)

しかしダブルスラットコンベア上のボデーは、タイヤがニュートラル状態であるためボデーが各ステーションで部品組付中に移動しIPM搭載では前述方式の採用はできなかったため、同期バーをボデーに押し当て、同期バーの動きに同期走行部が追従する機構を採用した (Fig.4,5)。この方式は、従来、位置精度の面からサーボモータを使用したフィードバック制御を採用していたものを、投資削減/設

備の簡素化の観点からインバータモータを使用した速度制御にした。また、位置精度の観点では、速度検出部のフローティング位置をエンコーダで検出して、遅れ/進みに対して速度を増減する制御を採用した (Fig.6)

(4) 作業者の装置操作性の向上

人間が操作する装置は、軽い力で作業者の思い通りに装置が追従して動くことが理想である。しかしその達成には、



Fig.3 Hanger Clamp for FEM Install



Fig.4 Conveyor Following at IPM Install

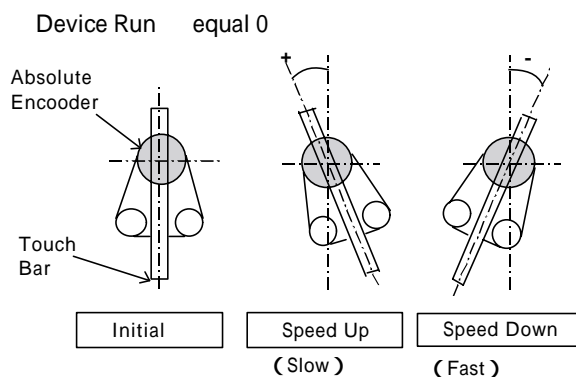


Fig.5 Outline

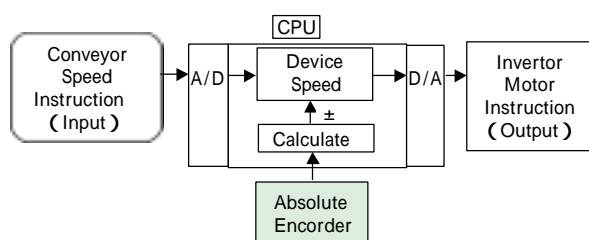


Fig.6 Control Block Chart of Following Conveyor Speed

技術的にサーボ機構採用が必要であり、安全対策により人や部品の出入りが規制され、組立ラインの有効作業工程数の減少につながるため実現が難しい。更に操作する作業者の身体能力差により使いやすさの評価が変わる。そこで、装置側動作（操作）の自由度を必要最小限に規制し、操作の単純化と重量アンバランスの最小化を行うことで、操作性の向上を図る取り組みを行った。

(5) 振動を繰り返すポデーへモジュールを密着させる構造
 車両組立工場のポデー搬送は、チェーン駆動であり絶えず振動を繰り返している。ポデーにモジュールを正確に搭載するには、モジュールとポデーの位置決めから締結する間、位置決め状態を保持する機能が不可欠である。保持に対して重要なファクターは重力であり、取付方向別（垂直・水平）に検討を行った。

① 垂直方向の取付

組付治具とモジュール部品の重量を利用して、位置決め状態を保持する機構を確立した。具体的には、組付治具とモジュールの重心位置を中心付近に設定し、ポデーへ位置決めを完了した後に、組付治具とモジュールを搭載アームより機械的に切り離すことで、組付治具&モジュールをポデーの一部としてコンベアで搬送させ、ポデーとモジュールの相対位置を確保した（Fig.8）

② 水平方向の取付

IPM搭載の前後/左右方向の取付は、ポデーの進行方向とモジュールの取付方向が同一であるため、ポデーとモジュールの相対位置を保証できる構造とした。具体的には、確立したポデーに対する装置の同期追従の精度を

ベースに追従精度をカバーする位置決めピンを装置側に設定した。モジュール締結時は、そのピンにて左右（BL）方向、上下（WL）方向の位置の保証を行い、進行（TL）方向に関しては、部品の締結方向と同一方向にしてモジュールの取付位置の精度を保証した（Fig.9）

また、作業者の安全を確保する機能を加えた。搭載装置の導入で発生する危険ポイントは、衝撃と挟まれ/巻き込みである。安全の考え方は、本質的な危険ポイントを排除することで、衝突に対しては、動作速度を300mm/秒以下にする。挟まれ/巻き込みについては、挟まれた場合でも装置側のアームが開放側に動くように設定した。また、装置で使用するシリンダー等の駆動機

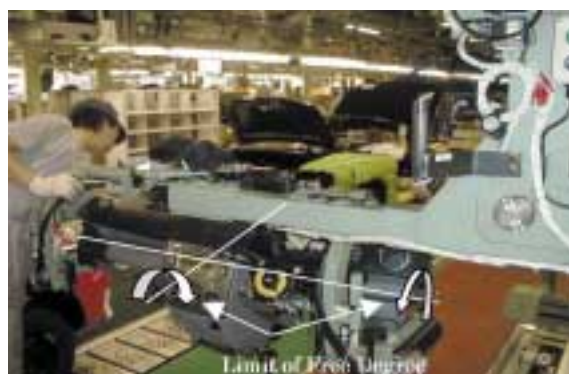


Fig.7 Limit of Free Degree at IPM Install Arm

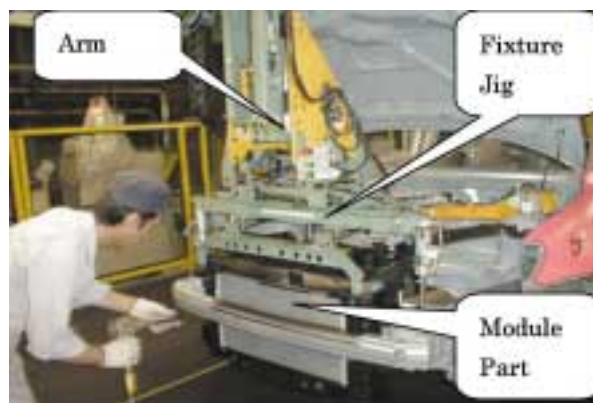


Fig.8 Example of FEM



Fig.9 Example of IPM

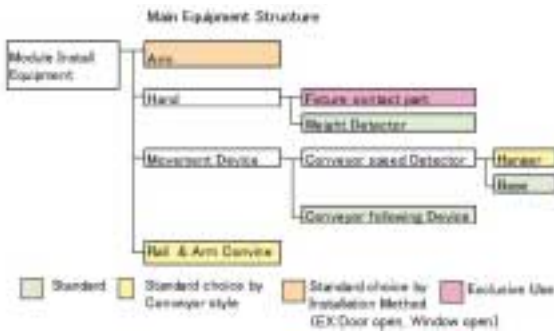


Fig.10 Indicate Standard / Exclusive

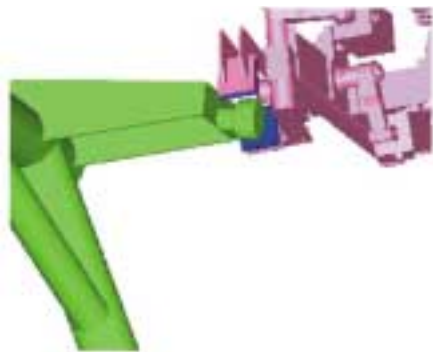


Fig.11 Example Standard Structure (Hanger Clamp)

器の動作端検知を利用して、通常動作以外の動作端外れを挟まれ / 巻き込みと判断して装置、搬送コンベアを停止させる機能を制御上に持たせ、特別な安全装置（安全柵、安全バリア）を付加しないよう取り組んだ。

4.3 モジュール搭載装置の標準化推進

(1) 装置標準化

モジュール搭載装置を構成部位に層別して、モジュール部品、コンベア形態の切り口で、汎用 / 専用 / 選択式汎用とする部位を決めた (Fig.10)。汎用部位は装置の標準構造を確立した (Fig.11)。

(2) 開発支援ツールの活用

作業者にとって、設備・装置の使い勝手の良さを明確化し設備・装置のスペックへ定量化してゆく必要がある。そのスペックを定量化していく一歩として、DPA (デジタル・プリ・アッセンブリー) での作業性評価を行い、使用部門との調整を図った上で装置を導入した。

具体的には、評価・検証項目は、作業姿勢 (Fig.12) / 視認性 (Fig.13) の検証を実施した。

今回新型デミオのモジュール搭載装置で「使い勝手」の定量化を一部行ったが、今後の設備導入に反映するための標準化活動を推進する。

5 . おわりに

今回導入したモジュール搭載装置により、作業者のスキルに依存しない作業が可能となり、新型デミオの量産後、IPM & FEMとも折合不良“0”である。作業環境面では、作業者の操作力が4.0kg以下を確保でき、社内のエルゴノミクス評価基準で“良好”な作業環境となった。また付随効果としてFEM搭載では、締結作業をのぞき全ての作業を自動化し、作業工数を0.53分/台削減することができた。

今後は、今回のDPA評価並びに、現場でのモジュール搭載装置の「使い勝手」評価をベースに、評価項目の洗い出しと項目の定量化を行うことで、モジュール搭載装置導入時の評価体系を確立する。そして今後の装置導入にて評価体系をスパイラルアップしていくことで、車・人・設備が一体で評価できるシステムの構築に結び付けていく。

著者



木村訓司



沖中幸浩



Fig.12 Evaluation of Work Posture at IPM Install



Fig.13 Evaluation of Visibility at IPM Install