自動車工業における自動組立の現状*

宮崎 寛**

Automatic Assembly in the Car Industry / Hiroshi MIYAZAKI

Key words: car parts assembly, engine assembly, chassis assembly, body shell assembly, trim assembly, DFMA (Design For Manufacture and Assembly), functional module structure, robotization, AGV, availability

1. はじめに

自動車が広範囲な関連産業に支えられることからわかるように、自動車にかかわる自動組立も、小は電子部品から、大は機装組立まで、その分野は広く、レベルも様々である。当社の定義に基づけば、機能部品組立、ユニット組立、ボディシェル組立、機装組立の4つに大別できる(図1)。

国内の状況としては、機能部品は高度な自動化が達成され、ユニット物ではエンジンが高度な自動化への途上にあり、大物の機装組立は端緒についたところであるといえる。

グローバルな視点からは、日欧の組立ラインの自動化形態には、物造りに対する文化的、社会的、歴史的背景や価値観の違いを垣間見ることが出来、興味深い。

以下、国内外最新事例を参考に自動組立の現状、課題等について解説する。

2. 機能部品の自動組立

この分野は、部品メーカーの努力により最も高いレベルの自動化を達成している。第一に、電子部品やリレー等のように、繊細で正確な作業が多く、自動化なしには品質と能率の確保が難しい。第二に、部品メーカーは複数の客先を持ち、しかもモデルライフは短く、設計変更も頻繁で生産量もモデルライフを通じ大きく変動する。この製品事情が、高速性と製品変更、生産

量変動フレキシビリティ追求へのインパクトとなってきた。組立やすい製品設計(DFMA: Design For Manufacture and Assembly)による製品の革新もいち早く導入、仕掛品種を任意に自動切替えし、ランダム流し(図2)のできる高速自動組立ラインが実用化され、日本の自動車の品質と価格競争力の大きな支えとなっている。

3. ユニットの自動組立

平均的には、エンジンが最も進んでおり、やや遅れてトランスミッション等、シャシ系ユニット、ステアリング系ユニットの順になる。これはモデルライフの長短、異形部品の多少と密接に関係している。エンジンは車両の構成ユニットの中では最もモデルライフが長く、部品の形状精度も保証しやすく、自動化に有利な条件がそろっている。ここでは、ユニットの自動組立をリードしてきたエンジンを例にとって紹介する。エンジンの組立は、ヘッドシリンダサブ組立、ピストンサブ組立、エンジンのメイン組立より成る。既に2つのサブ組立は100%自動化レベルにあり、ヘッドシリンダではComau社(伊)、当社(図3(a))、ABB(旧Asea)社(スウェーデン)等多くのシステムが公表されている。エンジンのメイン組立で世界一の自動化率を誇るのは、1984年に立ち上がったFiat社(伊)FIRE 1000エンジンラインで自動化率[†]は85%に達する。国内の平均的ラインの約2倍である。サイクルタイム20秒の多軸専用機スタイル高速ラインで、

* 原稿受付 平成2年12月19日

** トヨタ自動車(株)(豊田市貞宝町貞宝7)

[†] 自動化率の定義は会社により異なるので目安とする。

枠無し：機能部品組立又は単品部品 □：ユニット組立 □：ボディシエル組立 ■：サブアッシー組立

図1 車両の組立工程概要 (FF車の例)

図2 キーロックセットのランダム流し組立

DFMA による部品点数削減、部品のハンドリングにロボットを多用、仕掛、製造品質管理にいち早く CIM を採用等、革新的なラインである。汎用性の高い事例では、汎用ロボットを応用した Kuka 社 (独)

システム、当社の汎専用タイプ (図 3 (a)) が特徴的である。前者は、既存の手作業組立ラインを後追いでロボット化したもので、スペースが十分あって人とロボットの置き替えが容易なことが前提となる。後者は、中組立および後組立のヘッドシリンダサブアッシーの取付けまでの自動化を行い、当社定義で約 70% の自動化率となっている。使用ベースマシンは、組付部品へオイルシール等をあらかじめ取り付ける前段取り部と、前段取り済み部品の組合せ部と、ねじ締め部とに機能分散を行い、トラブルへの手厚い対応を図った。また AGV (無人搬送車) による部品供給の自動化にも対応している。残された後組立の自動化は部品の異形化、樹脂、ゴムホース、ワイヤ等の軟物化、多品種化等、後述の機装組立に近い特性を持っている。ツーリング、部品物流、スペース、コスト等課題は多いが、機装組立の自動化と歩調を合わせて自動化が進むと思われる。

(a) ヘッドサブアッシ等中物組立用ベースマシン

① 前段取部 ② 組合せ部 ③ ねじ締め部

(b) シリンダブロック等大物組立用ベースマシン

図3 ユニット組立用ベースマシン

4. ボディシエルの自動組立

この分野は、ボディシエルの要素である小サブ組立と小サブの集合体のボディシエル組立とから成る。ボディシエルのスポット溶接組立は、ユニメートロボットの出現後急速にロボット化が進んだ。その後、搬送系、ジグ系を含めたシステム全体へのモデルフレキシビリティの付与にチャレンジし、古くはComau社(伊)のロボットライン、近年では当社のFBL(Flexible Body Line)(図4(a))、日産自動車のIBS(Intelligent Body System)等が実用化されている。最近では機装組立の自動化の技術展開としてドア、フード、トランクリッド等の取付けも自動化され、100%自動化レベルにある。小サブ組立も、従来のマルチスポットウエルダに代わって、汎用ロボットの応用や、当社の特化ロボットFSW(Flexible Spot Welder)(図4(b))等、モデルフレキシビリティを高めつつある。今後は機装組立の自動化に対応した組立精度の向上に

(a) FBL (Flexible Body Line)

(b) FSW (Flexible Spot Welder)

図4 ボディシエル組立設備

図5 モジュール構造例

力が注がれよう。

5. 艤装の自動組立

艤装組立の自動化の切札として、車両構造のサブアッシ化が世界のすう勢になりつつある。エンジンやトランスミッションのように、あらかじめ機能モジュールとしてサブアッシ化したものを車両へ取り付けようとする考え方で、3つのねらいがある。第一にDFMAによる部品のハンドリングと組立の容易化。第二に艤装ライン上の工程を減らし、スペース増とライン停止リスクを最小限に抑える。第三にサブアッシ品質を保証し工数のかかる完成車での手直しを低減。従来構造に沿ったオーソドックスな例として Golf (VW), Tipo/Tempra (Fiat), 405 (Peugeot) (図5(a)), XM (Citroën), 革新的な例として Omega (Opel) (図5(b)), Saturn (GM) 等、欧米の量産最新モデルがそうである。従来構造では自動化の可能性が30% 止まりなのに対し、サブアッシ化すれば50% を達成出来ると予測されている。自動化はシャシ&パワートレイン取付け (図6(a), (b)) が、サブアッシ組

立を含めて先行してきた。その他の工程は汎用ロボットや特化ロボットを使用したより汎用性の高いスタイルで、近年数々の事例が報告されるようになった。世界各社の最新事例としてインストゥリメントパネル

シャシ & パワートレイン組付け, インストゥリメントパネル組付け
図6 艤装組立設備³⁾

モジュール³⁾ (図6(c), (d)), 天井⁵⁾ (図7(a)), ウィンドウ⁵⁾ (図7(b)), タイヤ (図7(c)), フロントシート⁵⁾ (図7(d)), ドアモジュール⁷⁾ (図(e)) 等がある。艤装ラインの自動化率は最高で25~30%で、

a:天井⁵⁾, b:ウィンドウ⁵⁾, c:タイヤ⁶⁾, d:フロントシート⁵⁾, e:ドア⁷⁾

図7 艤装の各組立設備⁶⁾

各事例共通の悩みは、稼働率の確保である。主な理由は、組付けにくい部品特性（大形、異形、軟物）による部品のハンドリングや組付けリスクの増大、システムの大規模化による MTTR の長時間化等があげられる。自動化設備の停止は即座に生産台数減となるため深刻である。自動化ステーションの後ろにバックアップステーションを設ける、要所にパッファを設ける、サイクルタイムに若干の余裕を持たせる等冗長化が行われているが、手作業ラインに比べ 10～20% の低下は免れないようである。サブアッシ組立はいまだ手作業であるが、従来のコンベアに代わって AGV が急速に普及している。作業環境の改善、将来の自動化に対応できる物流システムという意味で注目に値する。サブアッシ組立の自動化は、サブアッシ精度保証につながるので、今後の自動化の鍵になると思われる。

6. おわりに

ユニット組立や艤装組立の自動化は、それを日本車の品質と価格に対抗する有力な手段とらえた欧米が先行してきたが、欧米からは可動信頼性、経済性等もう少し慎重にやりたいとの声も聞こえる。国内では若者の 3K 離れ、高齢化等中長期的労働力逼迫への対

応、人手作業に勝る組付品質レベルを達成する手段として真剣な取組みを開始している。この分野の自動化は、ライン設備形態において、欧米の先発例とは一味違ったものになるだろう。特に稼働率、スペース、コストの点で格段の進歩が必要である。幸い国内各社は欧米に比べて強力な生産技術部門を持っており中長期的にはこの課題を十分解決してゆけるものと確信する。この技術革新へ向けて、センサ、ロボット、物流機器等各界からの斬新なハード要素の提案や、若いエンジニア多数の参画を期待したい。

文 献

- 1) J. Cusset : Development of Semistructural and Multifunctional Body Parts in Plastics, 22nd FISITA, No. 885026.
- 2) G. Schupp : KUKA Kakes up a Modular Approach to Assembly, Ind. Robot, 14, 3, (1987) 173.
- 3) Kuka 社カタログ : WM Nr.1/65/8807/1 e, 26, 27.
- 4) Kuka 社カタログ : WM Nr.1/65/8807/1 e, 19. 自動車組立革命, 日経メカニカル, 1989. 10. 16, p. 51.
- 5) Comau 社カタログ.
- 6) 鈴木理氏ほか : 三菱自動車テクニカルレビュー, 1 (1988) 168.
- 7) Citroën 社カタログ.