

# 欧州自動車メーカーのモジュール戦略の実態調査

—VW, Smart, PSA, Daimler, BMW, Audi—

目 代 武 史

## 1. はじめに

本稿は、2009年9月に実施した欧州自動車メーカーの実態調査の結果を取りまとめたものである。

自動車産業におけるモジュールとは、大まかにいえば、レイアウト上近くにある複数の部品群によって構成される部品ユニットを意味する。代表的なモジュールには、フロントエンドモジュール (FEM)、コックピットモジュール (CPM)、ドアモジュール (DM)、ルーフモジュールなどがある。

ただし、より詳細に見ていけば、モジュールの捉え方や構成部品、生産方法は、各自動車メーカーの考え方を反映して、それぞれ異なった内容を持っている。欧州メーカーと日本メーカーとの間の相違ばかりでなく、欧州メーカー間でも違いがみられる。また、モジュールの生産方法や供給方法に至っては、同じメーカー内にあっても工場 (の立地条件等) によって異なるケースもある。

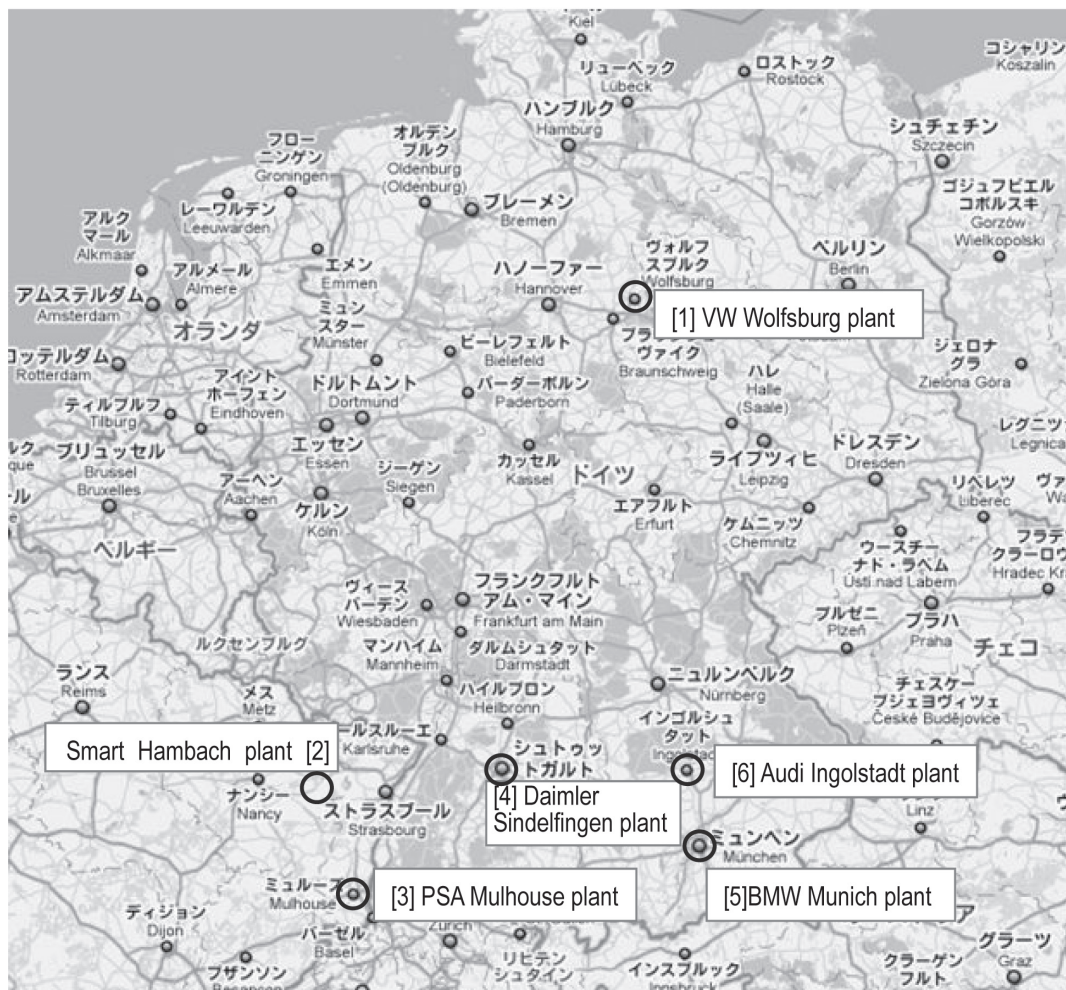
したがって、欧州自動車メーカーのモジュール戦略とはいっても、欧州という単位で一つにくくるべきではなく、一つ一つの工場を丹念に、また時間の経過を追って調査・分析すべきである。こうした考えのもと、2009年時点における欧州メーカーのモジュール戦略の現状について調査を行った。表1は本調査の概要を、図1は訪問先の位置関係を示している。

表1 調査の概要

|     | 月 日            | 訪 問 先                        |
|-----|----------------|------------------------------|
| [1] | 2009年<br>9月17日 | VW Wolfsburg工場 (ドイツ)         |
| [2] | 9月21日          | Smart Hambach工場 (フランス)       |
| [3] | 9月22日          | PSA Mulhouse工場 (フランス)        |
| [4] | 9月23日          | Daimler Sindelfingen工場 (ドイツ) |
| [5] | 9月24日          | BMW Munich工場 (ドイツ)           |
| [6] | 9月25日          | Audi Ingolstadt工場 (ドイツ)      |

1) 本稿は平成21年度科学研究費補助金 (若手研究 (B)) [課題番号20730257] の研究成果の一部である。

図1 訪問先の立地



(出所) Google Mapの画像より筆者作成

## 2. VW Wolfsburg工場

### (1) 工場の概要

本工場の設立は1938年にまで遡る。表2にWolfsburg工場の概要を示す。生産車種は、VWの主力小型車GolfおよびGolf Plus, そしてSUVのTouaregとTiguanである。プレスショップ, ボディショップ, 組立てがすべて同じ屋根の下にある。Wolfsburgは本社工場であるため、VWブランドのすべての車種の開発をここでやっている。

今回の調査で見学したのは、GolfおよびGolf Plusのプレス, ボディ, 組立ラインである。

## プレス工程

1 シフト当たり600名が勤務している。プレス工程で加工された車体部品は、検査を経てボディショップへ搬送される。加工した部品の半分は本工場で使用するが、残りはスペインのSEATやチェコのSkodaなどに送られる。プレス部品のストックヤードには3日分の在庫を保管している。なお、プレスショップの自動化率は97%である。

## ボディ溶接工程

1 シフト当たり950名が勤務している。溶接ロボット数は1,630台であり、自動化率は98%である。レーザー溶接機、スポット溶接機が導入されている。ロボット溶接の公差は0.2mmとなっている。溶接ロボットの納入メーカーはKUKA社である。

## 品質検査工程

ボディショップから送られてくる車両をここでチェックし、問題があれば手直し工程へと送られる。

## 組立工程

従業者数は約5,000名(3シフト)である。組立工程の作業者は25～35名のチームに分けられる。チーム単位で様々な工程をローテーションする体制となっている。ただし、どの程度多能工化しているかは不明であった。

Wolfsburg工場では1ライン1モデルの生産を行っており、混流生産ではない。プレスから組立終了までの所要時間は約20時間である。

表2 VW Wolfsburg工場の概要

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| 設 立  | 1938年                            |
| 生産車種 | Golf, Golf Plus, Touareg, Tiguan |
| 生産台数 | 3,450台/日                         |
| 従業員数 | 4,800名(生産部門が50%)                 |
| 勤務体制 | 月曜日から金曜日まで週5日<br>24時間操業<br>3シフト  |
| 敷地面積 | 6.5km <sup>2</sup>               |
| 建屋面積 | 1.6km <sup>2</sup>               |

## (2) モジュール生産体制

本工場では5種類のモジュールを導入している。表3にその概要を示す。

フロントエンドモジュール (FEM) およびサンルーフモジュール (SRM) は外製である。FEMは完成品のモジュールがJIT納入されている<sup>2)</sup>。SRMも同様に完成品が外部からJIT納入されている<sup>3)</sup>。

コックピットモジュール (CPM) は、構成部品は外部からの購入、樹脂部品はVW工場内で成形、CPMの組立はVWが行っている。構成部品はJIS (Just in Sequence) で納入されている。最終組立ラインにおけるCPMの組み付けは、フロントドアのスペースからロボットで挿入され、車体への締結もロボットがすべて行っている。

ドアモジュールは、内製である。ドアシェルは内部でプレス成形→溶接→塗装後、車体から取り外され、ドア組立の別ラインに回される。ドアモジュールの構成部品 (ウインドレギュレータ、モータ、スピーカ等) は購入品である。ただし、その組み立ても内部かは不明であった。完成DMの車体への組み付けは、VW社員が行う。

ドライブユニットのおもな構成は、エンジン、トランスミッション、アクスル、サスペンションである。エンジン、トランスミッション、アクスルはVWの他の工場で生産され、Wolfsburg工場に供給されている。サスペンションは外部からの購入である。ドライブユニットは最終ラインのあるフロアの下階で組み立てられる。組立ラインのMarriage Pointと呼ばれる工程でアップボディと結合される。ボディの下からドライブユニットを持ち上げ、ロボットがボルト締結する。

表3 VW Wolfsburg工場のモジュール

| モジュール            | 導入 | 内/外製         | 備考  |
|------------------|----|--------------|---|
| Front End Module | ○  | 外製           | 仏サプライヤー (恐らくFaurecia) から完成品を購入  |
| Cockpit Module   | ○  | 部品外注<br>組立内製 | 樹脂部品は内部で成形<br>構成部品は外部から購入で、JITもしくはJIS納入<br>CPM組立は工場内  |
| Door Module      | ○  | 内製           | ドアシェルは内部でプレス、完成DMのライン組み付けもVW社員。ただし、DM内部の構成部品 (ウインドレギュレータやモータ、スピーカなど) は購入品であろうが、その組立も内部かは不明。 |
| Drive Unit       | ○  | 内製           | エンジン、トランスミッション、アクスルはVWの他工場生産。サスペンションは購入。組立は下の階で行う。  |
| Sun Roof Module  | ○  | 外製           | 完成品を購入。ラインではネジで留めるだけ。<br>サプライヤーは不明 (ベバスト?)  |

(出所) 現地取材により筆者作成

2) サプライヤーはフランスのメーカー (Faurecia ?) との話であったが、確証はない。

3) サプライヤーはベバストと推察されるが、これも確証はなく確認が必要である。

### (3) 小括

Wolfsburg工場は、VWで最も歴史のある工場である。敷地内には建物が密集し拡張可能性はほとんどない。また工場周辺も住宅地が混在し、大規模なサプライヤーパークの建設は困難である。そのため、モジュールを含む購入部品はトラック等でJIT納入し、VWによって構内で組み立てられる比率が高くなっている。

## 3. Smart Hambach工場

### (1) 工場の概要

Smartの前身は、ダイムラーとスイスの時計メーカーSWATCHの合弁会社として1994年に設立されたMCC (Micro Car Corporation) である。2000年、ダイムラーがSWATCHの保有株式をすべて買い取り100%所有子会社とした。2002年には、社名もMCCからSmartに変更した。

Smartは車両の製造を担当し、研究開発、製品開発、マーケティングはダイムラーが担っている。2人乗りのシティーコミュータSmartを生産するHambach工場は1998年に操業を開始した。Smartは大胆なモジュール構造を導入している。7社のシステムパートナーと呼ばれる部品メーカーが工場の敷地内に立地し、部品の生産、モジュールの組み立てを行い、完成したモジュールを部品工場と完成車工場とをつなぐコンベアブリッジを通じてJIS納入している。なお、システムパートナーが入居している建物・施設はSmartの所有となっている。表4にHambach工場の概要、図2に工場の全体図を示す。

表4 Smart Hambach工場の概要

|      |   |
|------|---|
| 操業   | 1998年                                   |
| 生産車種 | Smart                                   |
| 生産台数 | 約12万台／年 (2008年)                         |
| 従業員数 | 1,600名 (うちSmartが800名, 残りはシステムパートナーの従業員) |
| 敷地面積 | 68ヘクタール                                 |
| 建屋面積 | 145,000m <sup>2</sup>                   |

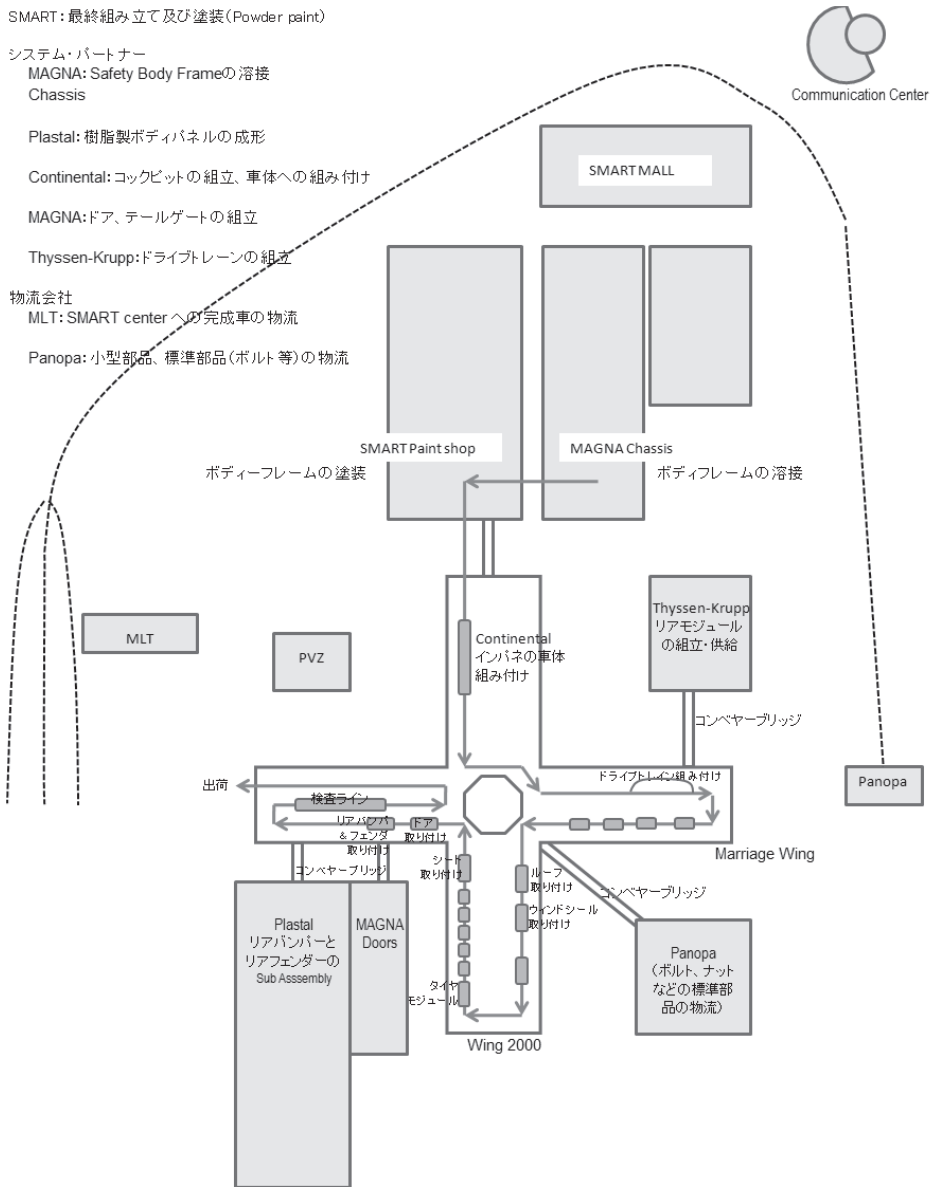
### (2) モジュール生産体制

Hambach工場の最終組立ラインは独特の十字架構造をしている。十字架の中央部は、管理棟および補修スペースとなっている。最終組立ラインを取り囲むようにシステムサプライヤーが立地している。組立ステーションは約120カ所あり、組立所要時間は約3時間／台である。

システムパートナーのMagna Chassisがボディフレームを溶接したのち、Smartのペイントショップにて塗装を行う。なお、工場設立当時は、塗装はシステムパートナー Surtema

Eisenmannが構内外注型<sup>4)</sup>にて行っていた。塗装の終了したホワイトボディは、車体組立ラインへと搬入される。ここでシステムサプライヤーのContinentalによってCPMが車体に組み付けられる。

図2 MCC Hambach工場の全体図



(出所) Smart提供資料および筆者現地調査により作成

4) 構内外注型についての説明は第8節を参照されたい。

続いて、Marriage Wingと呼ばれる東側につきだした組立棟にコンベアーにより車体が搬送され、ドライブトレインやリアモジュール、燃料タンク等を組み付けられる。この組立棟の作業はすべてSmartの従業員によって行われる。リアモジュールは、敷地内に立地するシステムサプライヤー（Thyssen-Krupp）によって組み立てられ、コンベアーブリッジを通じてラインサイドまでJISで納入される。

次に、南側のWing 2000へと車体が搬送され、ルーフ、ウィンドシール（フロント、リア）、アンダーカバー、ホイール&タイヤ、内装トリム、ランプ、ワイパー、ドアシール材、エンジンカバー、シートが組み付けられる。ルーフおよびウィンドシールは、組立ステーション近くのデリバリードッグにJIT納入される。なお、ルーフのサプライヤーはベバストである。ホイール&タイヤ・モジュールのサプライヤーは、ラットシステム社でSmart敷地外にある工場からトラック輸送され、ラインサイドのデリバリードッグに納入される。シートモジュールのサプライヤーは、Maganaであり、Smart敷地外の工場で生産したシートをトラックにてJIT納入している。

また、フロントエンドは、旧モデルではモジュール化されていたが、現在生産中のモデルでは、モジュール構造ではなく、個別の部品をバラで組み付ける方式に変化している。

シートを取り付けられた車体は、ベルトコンベアーにより西側に突き出した最終組立ラインへと搬送される。ここで、左右のドア、リアバンパー&フェンダが取り付けられる。ドアモジュールは、スチールの構造体にプラスチックのドアパネルを合わせた構造になっている。プラスチックパネルは、システムサプライヤーのPlastalが工場敷地内の樹脂成形工場で生産し、ドア構造体をつくるMagna Doorに供給される。そこでMagnaによりパネルがドア構造体に組み付けられた後、コンベアーブリッジを通じて、ラインサイドに供給される。また、Plastalはリアバンパーとリアフェンダーの加工も行っており、ドアとは別のコンベアーブリッジによりラインサイドへとJIT納入されている。

組立が終了した車両は、その後、エンジン点火、ライトとタイヤの調整、ダイナミックテストなどの最終検査が行われる。検査をパスした車両は出荷ヤードへと搬送されるが、修理・調整が必要な車両は補修工程へ持ち込まれる。

### (3) システムパートナー

Hambach工場の大きな特徴の一つは、システムパートナーと呼ばれる部品メーカーが工場敷地内に立地している点である。各システムパートナーの生産品目と工場内の配置は図2を参照されたい。

今回の調査では、表5に示す通り、いくつかのシステムパートナーに変更があった。この内、コックピットと樹脂パネルのシステムパートナーの変化は、企業買収によるものである。CPMのサプライヤーは、従来Siemens VDOであったが、ContinentalがSiemensの自動車部門を2007年12月に買収したことから、システムパートナーが変更となった<sup>5)</sup>。Dynamite Nobelも同様に2005

5) 2007年7月25日発表のContinental AGプレスリリースより。(2009年11月4日検索)

年11月にPlastalに買収されたことから、システムパートナー名が変更となった<sup>6)</sup>。また、かつて Boschがフロントパワートレイン、ブレーキ、ランプを生産していた棟（図2の右下）には、現在ボルト、ナット等の標準部品を供給するPanopaが入居している。

表5 システムパートナーの変化

|             | 旧                  | 新           |
|-------------|--------------------|-------------|
| 車体塗装        | Surtema Eisenmann  | Smart内製     |
| コックピットモジュール | Siemens VDO        | Continental |
| 樹脂パネル       | Dynamite Nobel     | Plastal     |
| 部品物流        | Schenker Logistics | Panopa      |
| フロントパワートレイン | Bosch              | ?           |

(注) 新旧は、岩城・目代（2007）との比較による。

(出所) 調査結果による

#### (4) 小括

Hambach工場は、欧州で最も大胆にモジュール生産方式を導入している工場である。今回の欧州調査により、フロントエンドがモジュールからバラ組みに戻されていることが分かった。また、システムパートナーにも変化が見られた。工場敷地内に部品メーカーが生産設備まで据え付けて入居する方式は、設備に根が生え部品調達先を変更しにくくなるリスクを抱えている。しかし、欧州の部品業界のダイナミックな企業再編を反映して、企業（ないし部門）の買収によりシステムパートナーの変更が実現していた。

他方、地元における失業率の高さ（約9%）を考慮して、組立作業の自動化率を下げ、手作業の工程を意識的に多くしていた。自動車工場は、地元経済へのインパクトも大きく、工場操業にも政治的な配慮が求められることが改めて浮き彫りになった。

## 4. PSA Mulhouse工場

### (1) 工場の概要

ミュールーズ工場は、1962年に設立され、トランスミッションの生産を開始した。1971年に自動車の生産を開始した。本工場は、生産台数、従業員数、敷地面積においてPSAの主力生産拠点に当たる。表6にミュールーズ工場の概要、図3に同工場の見取り図を示す。

本工場の組立ラインは2本ある。プジョー 206 Plusおよび306用、そしてシトロエンC4要である。ラインの長さは1.8kmである。この3車種のプラットフォームは共通化しているため、技術的には混流生産することは可能である。しかし、各車種の生産数量が十分に多いために、専用ラインで生産の方が効率が良いようである。

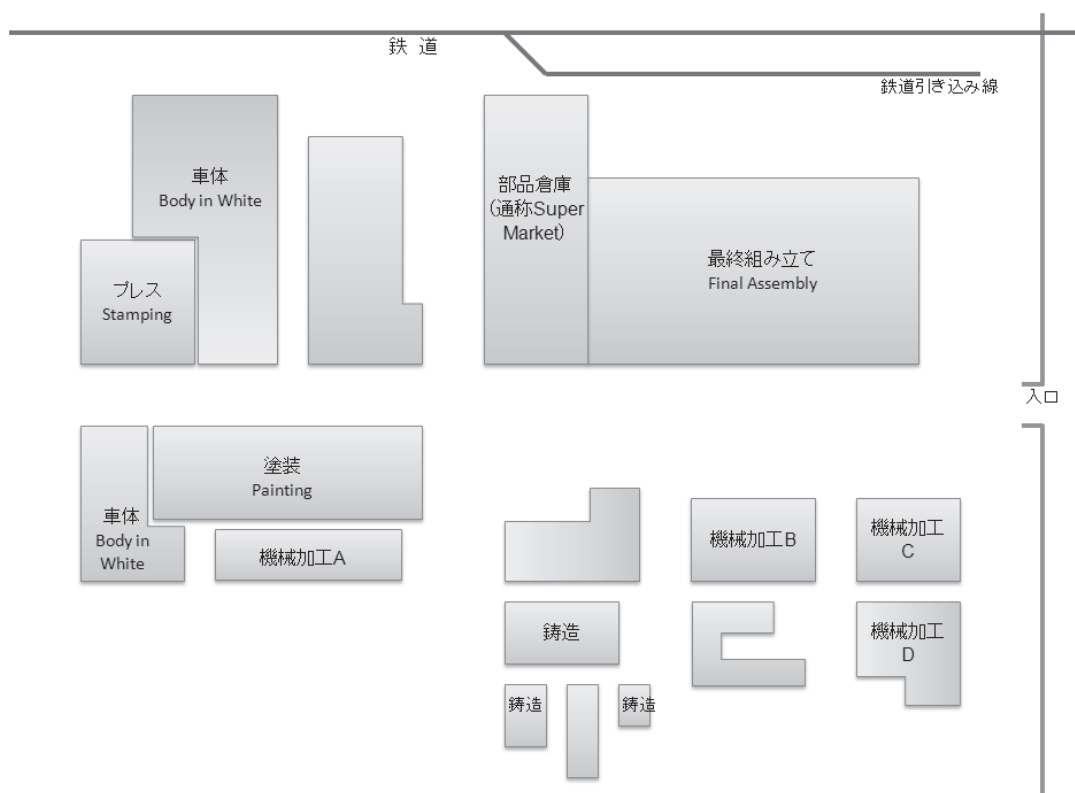
6) 2005年11月8日発表のPlastal Industri ABプレスリリースより。(2009年11月4日検索)



表6 PSA Mulhouse工場の概要

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| 操業   | 1962年                            |
| 生産車種 | プジョー 206 Plus, プジョー 308, シトロエンC4 |
| 生産台数 | 1,500台/日                         |
| 従業員数 | 9,500名                           |
| 勤務体制 | 組立ライン3シフト/日, エンジンおよび鋳造部門は5シフト/日  |
| 敷地面積 | 320ヘクタール                         |
| 建屋面積 | 95ヘクタール                          |

図3 PSA Mulhouse工場の見取り図



(出所) PSA資料および聞き取り調査により筆者作成

また組立工場の一角に巨大な部品ストックスペースがあり、“Supermarket”と呼ばれていた。このスペースには工場ですでに使われる全ての部品を集積しており、必要に応じて部品がカートでラインサイドに供給される仕組みとなっている。

本工場は、リーン生産方式の導入に取り組んでいる。これは15カ年計画であり、訪問調査の時点では計画の5～6年目ということであった。リーン生産方式のマザー工場となっているのは、同社がトヨタとの合弁工場であるチェコのコリーン工場（Kolin plant）である。

PSAの意味するリーン生産方式の考え方や中身について詳細は分からなかった。ラインサイドにおけるラインストップ紐やアンドンの導入、ラインサイドへの部品箱による必要な量だけの供給など、リーン生産方式＝トヨタ生産方式の片鱗は見る事ができた。しかし、Supermarketにおける大量の部品のストックなどトヨタ方式との大きな相違も見られる。これは、サプライヤーが広範な地域に分散し、遠距離から部品を供給する欧州の部品供給事情によるものであろうが、本当にそのためなのかはチェコのコリーン工場を調査する必要がある。

なお、部品調達先は606社であり、うち142社が地元（アルザス、フランス＝コンテ地方）のサプライヤーである。

## (2) モジュール生産体制

ミュールーズ工場におけるモジュール生産の導入度合いは比較的低い。確認できたモジュールは、コックピットモジュール（PSAの呼び方ではダッシュボード）やドアモジュール、ドライブトレイン（シャシ）程度であった。

ダッシュボード（モジュール）の構成部品は、サプライヤーから納入される。モジュールへの組み上げはミュールーズ工場内でPSAによって行われる。ただし、ダッシュボードのサブラインは、車両組立ラインとは離れた場所にあり、接続していない。

ドアモジュールは、スチールシェル（アウターとインナー）を溶接した簡素な構造である。インナー側に大きな開放部があり、中身は空洞である。モジュールキャリアのようなものは採用されておらず、ウィンドギュレータやモータ、ワイヤーハーネス、スピーカといった構成部品はバラ組みされているようであった<sup>7)</sup>。一般的なドア組立方法と同様、塗装後、ドアシェルはホワイトボディから取り外され、ドア組立ラインに回され、構成部品が組み付けられたのち、車両組み立てラインに供給される形となっている。

フロントエンドはモジュール化されておらず、構成部品は車体にバラ組みされる。ラジエータシュラウドは樹脂製で、サプライヤーが自社の生産拠点で成形したものを納入している。

## (3) 小活

日本と比べ広大な敷地を誇る同工場では、工場内のスペース節約やライン短縮の必要性が相対的に小さく認知されているのか、モジュール生産の導入の程度は低いものであった。また、モジュールの組み立てもPSA内製であり、サプライヤーの役割は構成部品の供給にとどまっていた。モジュール生産の方式としては、小規模なJIT型に当たると判断できる。

7) その点では、あえてドアモジュールとは呼ぶべきではないかもしれない。

## 5. Daimler Sindelfingen工場

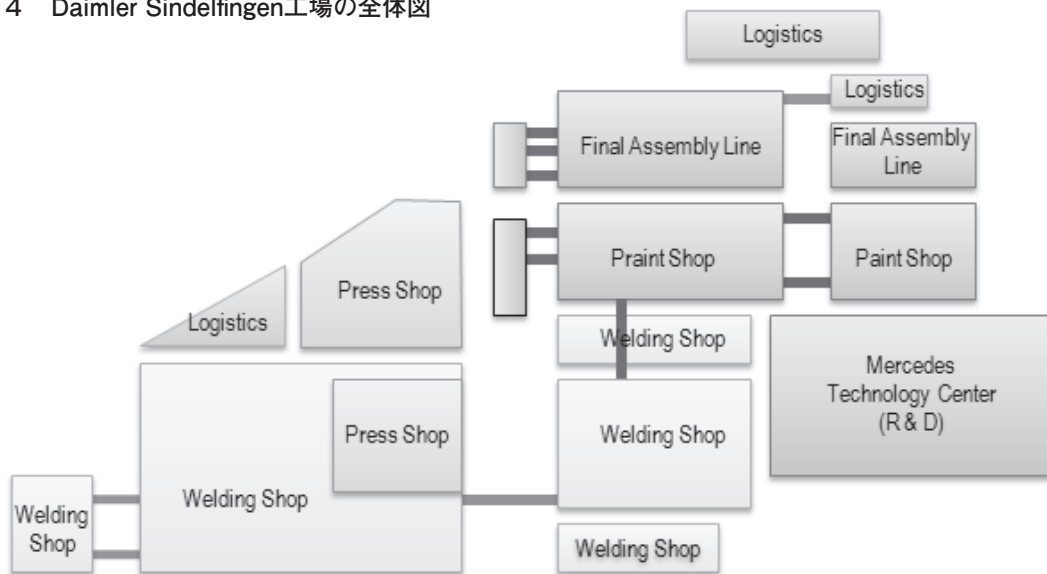
### (1) 工場の概要

本工場はダイムラーの本社工場であり、最大の生産拠点である。工場の設立は1915年に遡る。敷地内には研究開発拠点も含まれる。表7に工場の概要、図4に工場の全体像を示す。

表7 Daimler Sindelfingen工場の概要

|      |  |
|------|--|
| 操業   | 1915年  |
| 生産車種 | C-class, New E-class, CLS-class, CL-class, S-class, Mybach |
| 生産台数 | 2,100台/日   |
| 従業員数 | 36,000名（うち9,000名の研究開発人員, その他の間接部門を含む総数）                    |
| 勤務体制 | 2シフト/日（組立工程）   |
| 敷地面積 | 2.9km <sup>2</sup>   |

図4 Daimler Sindelfingen工場の全体図



（出所）Daimler会社説明より作成

車両の最終組立工程のラインスピードは、3m/分であり、タクトタイムはC-classの場合72秒である。S-classはこれよりやや遅くなっている。

S-classのライン延長は2.1kmで5～6本に分割されている。ラインでは2,260名のワーカーが

働いている。1台の組み立てに要する所要時間は約20時間であり、生産能力は550台／日である。JIT納入される部品は、Head liner, Center console, Rear window shelf, Seats, Door fittings, Window parts, Wiring harness, Bumper, Tires, Wheels, Exhaust system, Engineである。これらのJIT納入される部品の比率は全体の10%にあたる。

## (2) モジュール生産体制

Sindelfingen工場において導入されているモジュールは、フロントエンドモジュール、リアエンドモジュール、ダッシュボードモジュール（コックピットモジュール）、ドアモジュール、シートモジュールである。これらはすべてダイムラー内製である。シートについては、表皮やフレームも内製している。なお、ブレーメン工場およびラスタット工場では、シートはLear社に外注している。

ダッシュボードモジュールは、最終ラインの下の階で組み立てられる。組立は人手である。ダッシュボードモジュールの生産リードタイム（おそらく生産指示から組立完了まで）は2.5時間で、組立そのものの所要時間は38分である。

完成したダッシュボードモジュールは、下階からリフトで組立ラインのあるフロアにJITに供給される。車体への組み付けはロボットにより行われ、ドアを取り外したスペースから社内に挿入され、自動でボルト締結される。仕様の違いにより、ダッシュボードモジュールのバリエーションはおよそ4,000種類に及ぶ。

フロントエンドモジュールは、ラジエータ、コンデンサ、ヘッドランプ、バンパー、シュラウド、レインフォースメント等によって構成される。FEMのラインへの組み付け工程は見ることができなかった。

ルーフは、スチール、サンルーフ、グラスルーフの3タイプある。これらはサブアッセンブリされたものが最終ラインに供給されているという点では、モジュール的であるが、ダイムラーの説明ではモジュールに含まれていない。なお、スチールルーフとサンルーフはダイムラー内製であり、グラスルーフはベバスタが供給している。

この他のモジュールについては詳細をつかむことはできなかった。

Sindelfingen工場の北へ1～2km離れた場所に、部品サプライヤーが入居する工業団地（名称、Boblingen-Hulb）があり、そこで生産された部品はトラックでSindelfingen工場へ納品されている。

## (3) 小活

本工場は、ダイムラーの主力車種を量産する工場であり、同社の生産哲学を体現している。プレス工程では加工品がマイスターにより全品チェックされ、彼には不良が生じた場合には、ラインをストップする権限が与えられていた。また、組立工程では、ラインがすべて同一フロア上にあり、組立中の車両がリフトで持ち上げられ床面から離れるようなことはなかった。一般に、敷地の狭い工場では、スペースを有効に（立体的に）活用するため、組立中の車両がリフトで上へ

下へと移動されることがしばしばある。しかし、Sindelfingen工場では、そのような車両の移動を最小限に抑えることで、組立精度の狂いを抑えようとしているように推察された。

同工場の内製率は高く、構成部品は外部から購入するにしても、モジュールの組立はすべてダイムラー内製であった。部品メーカーの入居する工業団地をダイムラーは「サプライヤーパーク」と呼んでいたが、車両組み立て工場と工業団地はコンベアブリッジなどで直結されているわけではなく、JIT方式の変形と見るほうが自然であろう。

## 6. BMW Munich工場

### (1) 工場の概要

本工場は、BMWの本社工場であり、設立は1960年である。生産車種は、3シリーズで、年間生産台数は20万台である。エンジン工場も併設しており、年産30万基である。敷地内には、プレス部門、車体溶接部門、塗装部門、ツーリング部門、組立部門、実験部門からなる。工場は5階建てであり、最終組立ラインは2階に、その他の階にはサブ組み立てラインがある。完成車の72%は工場の敷地内に引き込んだ鉄道により出荷される。多くの市民が住むミュンヘン市街地に工場が立地することから、できるだけトラック輸送を避けるための措置である。表8に工場の概要を示す。

表8 BMW Munich工場の概要

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| 操業   | 1960年                              |
| 生産車種 | 3シリーズ                              |
| 生産台数 | 20万台/年 (完成車)<br>30万基/年 (エンジン)      |
| 従業員数 | 9,000名                             |
| 勤務体制 | 2シフト/日 (組立ライン), 3シフト/日<br>(プレスライン) |
| 敷地面積 | 500,000m <sup>2</sup>              |

### (2) モジュール生産体制

本調査で確認できたモジュールは、コックピットモジュール、シートモジュール、燃料タンクモジュール、ドライブトレイン (シャシ) である。

コックピットモジュールは外注であり、サプライヤーがPre-assemblyした完成品をJIT納入している。

シートは内製している。骨格材、ヒーティング、ウレタン、ヘッドレスト、表皮、エアバッグ(シート側面に搭載、エアバッグセンサーを含む)などの構成部品をサブラインで組み立てる。組み立てられたシートは、車両1台分のシート(フロント/リアシート)をセットで専用のハンガーに

吊り下げ、頭上のレールにぶら下げられた状態で、ラインサイドにJIS納入される。

ドライブトレインは、フロントアクスル、リアアクスル、トランスミッションが下階で組み立てられたのち、リフトで持ち上げられ最終組立ラインに供給される。Marriage sectionでは、ドライブトレインが下から持ち上げられ、車体（トップハット）とドッキングする。まず、最初のステップで15cmほどドライブトレインとトップハットを離してセットし、次のステップでサスペンションのスプリングを抑えながら、正確な位置決めを行う。その次のステップで、ロボットが全自動でボルト締結する。トルクデータはコンピュータに全て記録される。

なお、BMWでは受注分のみを生産する方針としている。ディーラーでの受注を起点に生産指示が出され、これが組立ラインへと伝えられる。また、この生産指示の時点でサプライヤーへも部品生産指示が出される。そのため、部品メーカーは、全てミュンヘン工場の半径600km以内に立地することが条件となっている。外注品目は約700点である。サプライヤーパークはない。

### (3) 小活

ミュンヘン工場は、BMWの本社工場であるが、市街地にあり欧州メーカーの生産拠点としては手狭である。そのため工場も立体的であり、メイン組立ラインとサブラインとが別の階に分かれている。メイン組立ラインのあるフロアもラインが立体的に交錯し、ダイムラーのSindelfingen工場とは対照的に、組立中の車両が頻繁に持ち上げられたり、反転されたりしている。

今回の訪問では、次世代の環境対応車の開発戦略について調査時間を多く割いたため、モジュール生産体制については詳細を知ることはできなかった。しかし、一見したところ、VWやSmartほどにはモジュール構造を取り入れている様子はなかった。コックピットモジュールやシートなどの一部の大型モジュールのみが導入されていた。フロントエンドがモジュール化されているかは不明であった。

モジュールの供給体制は、近隣のサプライヤーからのJIT納入型である。工場内が手狭であることから、ライン短縮や部品在庫スペース節約のニーズは大きいと推測されるが、メインラインとサブラインのフロアが上下に分かれているため、完成したモジュールをリフト等で供給するポイントは固定的で、ライン再編の柔軟性には制約があると思われる。

BMWとしての理想の工場づくりはLeipzig工場で追及しているとのことであり、機会があれば次回はLeipzig工場を訪問したい。

## 7. Audi Ingolstadt工場

### (1) 工場の概要

本工場の設立は1958年で、Audiの本社工場である。工場に隣接してサプライヤーパーク（敷地面積75ヘクタール）が併設されており、部品サプライヤーが入居している。表9に工場の概要を示す。

工場は、車体部品のプレスショップ、ボディショップ(車体溶接)、ペイントショップ(車体塗装)、最終組立ラインからなる。プレスショップの全長は890mで、ロボット数は1,648台、自動化率は98%となっている。ボディショップにおけるスポット溶接数は約5,000点(A4の場合)である。最終組立ラインは3本あり、A3は1本のライン、A4は2本のラインで生産している。各ラインはさらに5本に分割されており、さらに検査ラインが続く構成となっている。1本のラインの最大生産台数は860台/日である。なお、タクトタイムは調査時点で88秒である。

工場は2階建てとなっており、1階は大型部品の組立ライン、2階に最終組立ラインがある。小型の部品は、サプライヤーから最終組立ラインのある2階に直接JIS納入される。また、ライン間のスペースに一時的な部品集積所(“Supermarket”と呼んでいる)が数カ所設けられている。置かれているのは標準的な部品でJIT納入の必要の少ないものである。

表9 Audi Ingolstadt工場の概要

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 操業   | 1958年                   |
| 生産車種 | A3, A4, A5, Q5          |
| 生産台数 | 55万台/年                  |
| 従業員数 | 約30,000名                |
| 敷地面積 | 1,993,000m <sup>2</sup> |
| 建屋面積 | 858,609m <sup>2</sup>   |

## (2) モジュール生産体制

AudiはVWグループとして共通のモジュールコンセプトを導入している。モジュールの基本的な考え方は車種間で共通である。モジュールを最終組立ラインでの複雑性やバリエーション、部品点数を削減する手段の一つとして位置付けている。モジュールの内外製区分は、コストを優先する部品なのか、戦略的に重要な部品なのかといった観点から決定している。

Audi Ingolstadt工場で導入されているモジュールは、コックピットモジュール(CPM)、フロントエンドモジュール(FEM)、ドアモジュール(DM)、燃料タンクモジュール(FTM)、天井モジュール(CM)、ドライブトレインである。表10は同工場におけるモジュール導入状況の概要である。

CPMの組み立てはAudi内製である。1階のサブアッセンブリスペースにて、CPMが組み立てられる。構成部品はサプライヤーから供給される。例えば、ダッシュボードの樹脂成型部品は工場のデリバリードッグにトラック輸送される。

FEMの主な構成部品は、ラジエータ、ファンシュラウド、ランプ、スチールレインフォースメント、ワイヤーハーネスである。FEMの構造体は、樹脂にスチールをインサートしたハイブリッド材を使用している。これは前面衝突に対する安全要件のため高い剛性が必要であること、さらにランプなどのフロントエンドの先端に取り付けられる部品(Hanging parts)の振動を抑える

ために、現時点では樹脂の構造体では剛性が不足するとの判断による。

FEMはIngolstadt工場に隣接するサプライヤーパーク（SP）においてモジュールサプライヤー（仏Faurecia社）によって組み立てられ、SPと工場をつなぐブリッジを通じてJIS納入される。90分ぶんのFEMがラインサイドに置かれている。また、バンパーはFEMには含まれておらず、SPから電動トローリーによりJIS納入される。FEMを車体に取り付けた後でバンパーが取り付けられる。なお、フロントエンドの車体側の構造はオープンエンドとなっており、これはエンジンスペース内の作業を容易にするためのものである。

パワートレインは、組立ラインと同じフロア（2階）で組み立てられる。ここでは、治具にパワートレインの上部の部品から組み付けていき、最後に天地をひっくり返して完成する。このサブラインは車両組立ラインと同じフロアにあるが、ライン同士は繋がっていない。

表10 Audiのモジュール導入状況

| モジュール名      | 導入 | 内外製区分 | 備考  |
|-------------|----|-------|---|
| CPM         | ○  | 内製    | 1階でCPMをPre-assembleして、2階の最終ラインで組み付け   |
| FEM         | ○  | 外注    | 全ての車種向けにFaureciaが隣接するサプライヤーパーク（SP）からJISで供給。SPと工場をつなぐブリッジから電動カートで納品。         |
| DM          | ○  | 内製／外注 | ドアシェルは他社と同様、塗装後に取り外される。ドアキャリアモジュールあり。<br>色や内装などバリエーションの多い部品は内部で組み、少ない部品は外注。 |
| FTM         | ○  | 外注    | SPにてタンクに配管で取り付け、工場に供給   |
| CM          | ○  | 内製    | 以前は外注していたが、現在は内製  |
| Power Train | ○  | 内製    | Fr/Rrアクスル、GearBox、エンジンのセット<br>最終組立ラインと同じフロアでPre-assemble                    |

（出所）現地調査により筆者作成

### （3）小括

Audiは、VWグループの一員として、VWやSkodaと共通のモジュール戦略を採用している。同じ車格のモデルにおいては、ブランドを超えて同じモジュール構造を採用している。VWグループはかつてプラットフォーム共通化戦略を推進したが、プラットフォームはクルマの走りを決定づけるため、ブランド間の差異化に支障を生じた。そこで、もう一段小さなレベル、すなわち部品ユニット（＝モジュール）レベルでの共通化へと方針を転換した。特にAudiはプレミアムメーカーであり、VWとのいたずらなプラットフォーム共通化戦略は商品の差別化の観点から難があるとの発言があり、この方針は、調査の時点でも継続していることが確認された。

前回の調査（2005年）と比較して、工場内におけるモジュール生産方式自体には大きな変化は

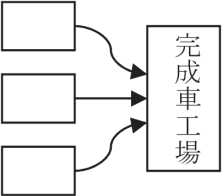
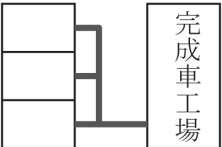
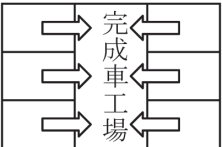
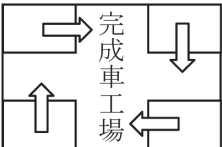


見受けられなかった。モジュールなどの大物部品は、工場の1階のサブラインおよび隣接するサプライヤーパークにおいて組み立て、最終組立ラインにJIS納入される。小物部品はトラック等で納入されている。大きくてかさばるもの、バリエーションの多いものはできるだけ最終工程の近くで組み立てるという考えであろう。

## 8. 調査工場のモジュール生産方式の位置付け

今回の現地調査では、欧州の主要メーカー6社の主力工場を見学する機会を得た。図5は、各工場のモジュール生産方式の位置付けである。

図5 調査工場のモジュール生産方式の位置付け

| 作業方式   | 概要  | 調査工場の位置付け  |
|--|---|--|
| <b>JIT型</b><br>         | 完成車工場の近くのモジュール工場からジャストインタイムにトラックで搬送               | VW Wolfsburg工場<br>PSA Mulhouse工場<br>Daimler Sindelfingen工場<br>BMW Munich工場 |
| <b>サプライヤーパーク型</b><br> | 完成車工場に隣接したサプライヤーパークのモジュール工場からコンベヤで搬送              | Audi Ingolstadt工場  |
| <b>構内外注型</b><br>      | 完成車工場の中でサプライヤーがモジュールを組み立て<br>モジュールの車体組み付けは完成車メーカー | 該当なし   |
| <b>構内同居型</b><br>      | 完成車工場の中にサプライヤーがテナントとして入り部品からモジュールまで一貫生産           | Smart Hambach工場  |

(出所) 岩城・目代(2007)をベースに、調査結果を追加。

JIT方式に分類した4工場（VW Wolfsburg工場、PSA Mulhouse工場、Daimler Sindelfingen工場、BMW Munich工場）では、サプライヤーが近隣の工場を組み立てた完成モジュールをトラック輸送するか、サプライヤーから構成部品を完成車工場にJIT納入し、完成車メーカーによりモジュール組立が行われていた。これらの4工場に共通するのは、長い歴史を誇る本社工場ないし主力工場という点である。工場の立地は市街地に近く、敷地の拡張可能性は低い。また、敷地内においても各種の工場や施設が立ち並び、スペースの余裕も小さい。そのため、モジュール生産方式の導入においても、大幅な工場レイアウトやモジュールの物流システムの改変への制約が大きい。また、多くの部品メーカーも近隣に集積している。これらのことが、JIT型のモジュール生産を選択している背景にあると考えられる。

サプライヤーパーク型を採用していたのは、Audi Ingolstadt工場であった。同工場は、上記の4工場と比べ周囲に利用可能な土地が多い点の特徴である。同工場では、トラックによるモジュールのJIT納入も併用している。サプライヤーパーク（通称GVZ）はインゴルシュタット市によって建設・所有されている。

モジュールは複数の部品によって構成され、仕様の違いによりモジュールのバリエーションは非常に大きくなる傾向がある。SP型の狙いは、納入部品のバリエーションをサプライチェーンの最も下流で吸収することとされている。ただし、Ingolstadt工場では、サプライヤーパークでサプライヤーが組み立てるモジュール（フロントエンドモジュール、燃料タンクモジュール）と工場内でAudiが組み立てるモジュール（コックピットモジュール、天井モジュール、パワートレイン）が併存している。天井モジュールは外注から内製に戻されていた。

サプライヤーパークと内製の使い分けにあたってIngolstadt工場ではどのような要因を考慮しているかは注目に値する。バリエーションへの対応がサプライヤーパークの狙いと上に述べたが、バリエーションがある一定水準を超えると工場内組み立てとなるのかもしれない。FEM（サプライヤーパーク）とCPM（内製）では一般に後者の方がバリエーションが大きい。また、ドアモジュールは、色や内装などのバリエーションの多い部品は工場内部で組み、少ない部品は外注しているとしている。しかし、これ以外にも考慮すべき要素は多々考えられ、サプライヤーパークと内製との使い分けの判断基準については今後の課題である。

Smart Hambach工場は、構内同居型である。これは操業開始当時から変わりが無い。Smartの商品コンセプトが斬新であるばかりでなく、もともと自動車生産及び部品生産の拠点がなかったグリーンフィールドに建設された工場ということもあり、大胆な生産体制が敷かれた。7社のシステムパートナー（うち2社は物流会社）が敷地内において部品生産からモジュール組み立てまで行っている。外注比率が高く、最終組立時間を画的に短縮することに成功した。他方で、入居するサプライヤーが生産設備などを敷地内に備え付け生産活動をすることから、サプライヤーの入れ替えに制約が生じ、長期的にはサプライヤー政策の柔軟性を低めると懸念されていた（池田、2004；岩城・目代、2007）。今回、M&Aにより2つのシステムパートナーの入れ替えが果たされた。欧州の部品業界におけるダイナミックな企業再編の結果である。Hambach工場

内で働く従業員や設備は、旧会社から引き継がれていると説明されたが、マネジメントが変わったことで工場経営に変化が生じる可能性もある。ただし、構内同居型のモジュール生産に伴う構造的な制約は不変であり、今後の動向が注目される。

また、Hambach工場では地元の失業率の高さ（9%超）に配慮して、手作業の工程を多く配置していた。この他にもサプライヤーパークの多くは地元政府投資して整備しており、完成車メーカーはその恩恵を受けている。このことが完成車メーカーの工場編成やサプライヤー政策を決定する際の制約条件となる可能性が指摘できる。

## 9. おわりに

2000年代に入りモジュール生産方式の導入状況は世界的に一段落ついた感がある。今回の欧州調査でも、前回（2005年）の現地調査から大幅な改編は見られなかった。ただし、今回の調査で確認できたのは、ブラウンフィールドに立地する本社工場の動向であり、新興国に立地するグリーンフィールドについてはさらなる追加調査が必要である。また、昨年からの世界的な自動車危機の影響も割り引いて考える必要がある。

より長期的あるいは構造的な影響要因として、ハイブリッド車、電気自動車へのシフトの動きがある。欧州メーカーは、当面ディーゼルエンジン車を主軸とする方針を堅持しているが、一方で一部の欧州メーカーは開発に出遅れたハイブリッドカーを飛び越え、電気自動車の市場投入に戦略の舵を切りつつあるようにも見える。電気自動車は製品アーキテクチャがよりモジュラー的になる可能性があり、モジュール生産方式にも本質的な変化を与える可能性がある。

とはいえ、これまで積み重ねてきた自動車生産体制（サプライヤーシステムを含む）が経路依存的に電気自動車の生産システムにも影響あるいは制約を与えることも考えられる。その意味でも、成熟期を迎えつつあるモジュール生産方式について、より一層体系的な実証分析を継続的に進める必要がある。

【参考文献】

- [1] 池田正孝 (2004) 「欧州におけるモジュール化の新しい動き」『豊橋創造大学紀要』 8, 19-41.
- [2] 池田正孝 (2005) 「欧州自動車メーカーにおける新しい部品政策の展開とサプライヤーの対応」池田正孝, 中川洋一郎 編著『環境激変に立ち向かう日本自動車産業』中央大学出版部.
- [3] 岩城富士大, 目代武史 (2007) 「自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題：欧米を中心とした比較研究」『赤門マネジメントレビュー』 6巻12号
- [4] Sako, M. (2003). *Governing supplier parks: Implications for firm boundaries and clusters*. Paper presented at the Auto Industry Symposium: The 2003 RIETI - HOSEI - MIT IMVP Meeting. Retrieved April 3, 2004, from <http://www.rieti.go.jp/jp/events/03091201/report.html>
- [5] Sako, M. (2005). *Governing automotive supplier parks: Leveraging the benefits of outsourcing and co-location?* (Working Paper, May). *International Motor Vehicle Program*. Retrieved June 12, 2006, from, <http://imvp.mit.edu/pub05.htm>
- [6] 下川浩一, 武石彰 (2001a) 「世界的業界再編の渦中にある欧州自動車産業の基本動向とその実態調査」『経営志林』 第37巻 4号
- [7] 下川浩一, 武石彰 (2001b) 「21世紀を迎えた欧州自動車産業の新動向調査：VW, ルノー, コンチネンタル, PSAを中心に」『経営志林』 第38巻 3号
- [8] 下川浩一, 藤本隆宏, 近能善範, 折橋伸哉, 具承桓 (2003a) 「グローバル戦略と環境戦略の強化を図る欧州自動車産業の戦略動向と日経自動車メーカー・部品メーカーの欧州戦略と工場の実態調査 (1)」『経営志林』 第39巻 4号
- [9] 下川浩一, 藤本隆宏, 近能善範, 折橋伸哉, 具承桓 (2003b) 「グローバル戦略と環境戦略の強化を図る欧州自動車産業の戦略動向と日経自動車メーカー・部品メーカーの欧州戦略と工場の実態調査 (2)」『経営志林』 第40巻 1号
- [10] 下川浩一, 藤本隆宏, 松尾隆, 折橋伸哉, 加藤寛之, 葛東昇 (2004) 「グローバルブランド戦略の強化と生産システム改革に乗り出した欧州自動車メーカーの動向と, 中東欧戦略の強化をはかる日本自動車メーカーと部品メーカーの動向についての実態調査 (2003年3月実施) (1)」『経営志林』 第40巻 4号
- [11] Wilhelm, B. (1997). Platform and modular concepts at Volkswagen: Their effects on the assembly process. In K. Shimokawa, U. Jürgens & T. Fujimoto (Eds.), *Transforming Automobile Assembly: Experience in Automation and Work Organization* (pp. 146-156). Berlin: Springer.