

(研究ノート)

# 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

岩城 富士大

東京大学ものづくり経営研究センター

(財)ひろしま産業振興機構

[E-mail: iwaki@hiwave.or.jp](mailto:iwaki@hiwave.or.jp)

目代 武史

東北学院大学経済学部

[E-mail: mokudai@tscc.tohoku-gakuin.ac.jp](mailto:mokudai@tscc.tohoku-gakuin.ac.jp)

要約：欧米の自動車産業では、1990年代半ばからモジュール生産方式の導入が本格化したが、個々の事例をみていくと、企業戦略や工業立地などに応じてモジュール化の方法に違いが見られる。また、モジュール化の方式によっては、技術のブラックボックス化の弊害も目につくようになってきている。本稿では、欧米メーカーのモジュール工場を比較分析することで、欧米メーカーのモジュール戦略の発展と成果を整理し、今後の課題を検討する。

キーワード：モジュール化、サプライヤーパーク、アウトソーシング

## 1. はじめに

本論文の目的は、欧米を中心とした自動車産業におけるモジュール戦略の発展と成果および今後の課題を明らかにすることである。

自動車産業におけるモジュール生産方式の導入は 1990 年代半ばから本格化した。一部日本メーカーが先行して進めていたものを、欧州メーカーがサプライヤー政策と関連させて理論構築し、本格化してきた。欧州やブラジルなどの自動車組立工場では、モジュール化と合わせて大幅なアウトソーシングが進められ、自動車メーカーの固定費削減が試みられた。すなわち、モジュール化とサプライチェーンの変革がセットで進められた。

一方で、日本メーカーも、混流生産への対応など、独自の考え方でモジュール化の導入を図っていった。バリュー・エンジニアリング (VE: Value Engineering) によるモジュール構造の見直しやモジュール素材の技術的ブレークスルー等により、主として変動費の削減が進められていった。

2007 年現在、モジュール化の動きは世界的に一段落し、これまでの方法と成果を見直す時期に来ている。モジュール化の方式によってはサプライヤーへのアウトソーシングにより技術やコストのブラックボックス化の弊害も目に付くようになっている。モジュール化を積極的に進めてきた欧州メーカーは、企業戦略や工場立地などに応じてモジュール化の方法を使い分けてきている。日本メーカーの間でも部品モジュール化に対する考え方やアプローチにはかなりの違いがある。自動車産業の部品モジュール化は、「日本方式」や「欧州方式」などの形で十把一絡げに議論することはできなくなっている。そこで本論文では、欧米メーカーの間でモジュール化の考え方やアプローチにどのような違いがあるのか、どのような成果が得られたのかを検証するとともに、今後のモジュール化の課題を展望する。

## 2. モジュール化の概念的整理

まず、本論文におけるモジュール化の概念について明らかにしておきたい。一般に、自動車産業におけるモジュールは、複数の部品を複合化した部品の集合体を意味する。例えば、コックピットモジュールやフロントエンドモジュール、ドアモジュールなどである。しかし、これらのモジュールは、PC 業界や情報家電業界におけるモジュールとは、内容的にかなり異なる部分がある。つまり、PC 業界や情報家電業界と自動車産業では、モジュー

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

ル化の対象に違いがある。自動車産業におけるモジュールの性質については、既に武石、藤本、具（2001）や目代（2005）などで分析されている。ここでは、それらの議論を踏まえ、本論文におけるモジュール化の概念を自動車産業の文脈に即して整理する。

### 2-1. アーキテクチャの概念

自動車をはじめとする工業製品の分析には、アーキテクチャの概念が有効である。アーキテクチャとは、製品や生産工程などのシステムとしての特性を分析する概念である。製品や生産工程はひとつのシステムとして捉えることができる。システムは、それを構成する要素と要素間の関係性によって定義される。例えば、製品システムであれば、製品は複数の機能要素や部品により構成される。同じ機能要素や部品をもっている、それらのつなげ方が異なれば、システムの特性も異なってくる。アーキテクチャとは、こうしたシステムの下位システムへの分割方法と分割された下位システム間の連結方法の背後にある基本的な設計構想である（Ulrich, 1995; 藤本, 武石, 青島, 2001）。

アーキテクチャには、一般にモジュラー型と統合型の二つの類型がある。

モジュラー型アーキテクチャとは、下位システムができるだけ完結した機能をもつように全体システムを切り分けるとともに、下位システム同士は標準化されたインターフェースで接続する設計構想のことである（図1参照）。こうすることにより、下位システム間の

図1 モジュラー型アーキテクチャの機能構造展開

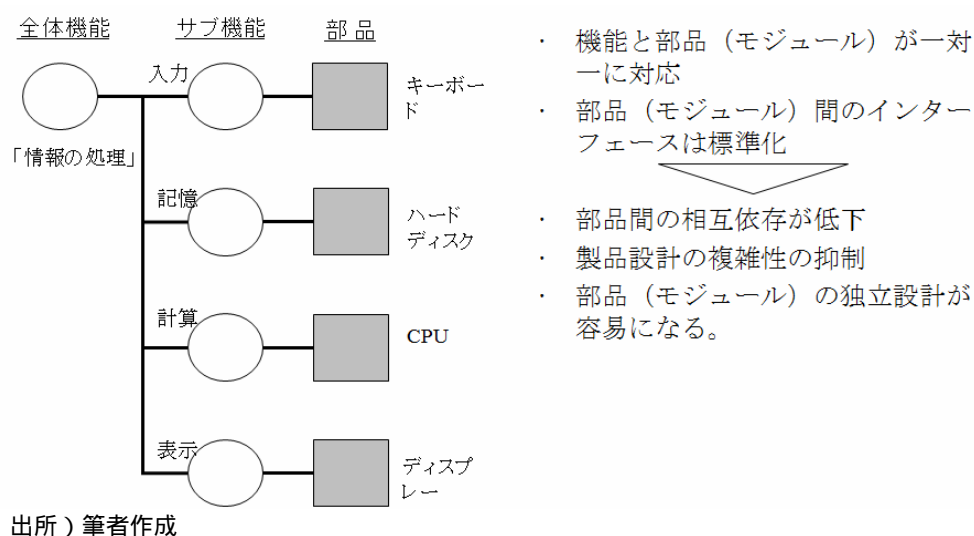
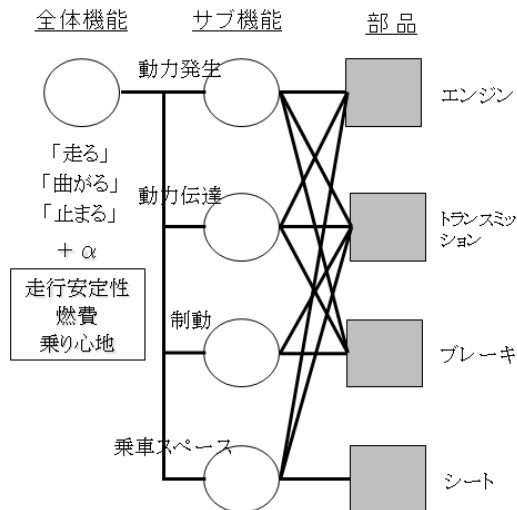


図2 統合型アーキテクチャの機能構造展開



- ・ 機能と部品の関係は、複雑に絡み合っている。
- ・ 部品(モジュール)間のインターフェースは、標準化されていない。

- ・ 部品間の相互依存性が高い。
- ・ 製品設計の複雑性が高い。
- ・ 部品(モジュール)の設計には、他の部品やモジュールとの調整が必要。

出所) 筆者作成

複雑な相互依存が抑制され、システム全体の複雑性が削減される。また、下位システム間のインターフェースが標準化されることにより、下位システム同士の機能的・寸法的な組み合わせが容易になる。

これと対照的なのが、統合型アーキテクチャである。統合型アーキテクチャとは、全体システムを緩やかに切り分け、下位システム間に複雑な相互依存を残す設計構想である(図2参照)。いい換えると、統合型では、下位システム間で機能要素や部品の共有があり、下位システム間の境界が曖昧になっている。アーキテクチャのインテグラル化は、下位システム間の擦り合わせを通じて、システムを特定の用途や条件に最適化するのに適した方法である。

ここで、「モジュラー」と「モジュール」の概念的違いについても定義しておきたい。モジュラー (Modular) とは、分析対象となるシステムが上述したようなモジュラー型アーキテクチャの性質を備えている状態を意味する。それに対し、モジュールとは、モジュラーなシステムにおいて形成される機能完結的で標準化されたインターフェースを持つサブシステムを意味する。すなわち、モジュラーがシステムの特性を意味するのに対し、モジュールはシステムの構成要素を意味する。

- モジュラー：システムが、機能完結的なサブシステムに切り分けられ、サブシステム間のインターフェースが標準化されている状態
- モジュール：機能完結的で、標準化されたインターフェースを持つサブシステム

一般に、「モジュラー化」と「モジュール化」がしばしば相互代替的に用いられるのは、モジュラー化が進めば、多くの場合においてサブシステムとしてのモジュールが形成されるからである。このことを逆からみれば、モジュールが形成されるためには、前提条件としてシステムがモジュラー化していなければならないことになる。両者は現象的には、概ね同時に出現するものであるため、モジュラー化とモジュール化が相互代替的に用いられるのである。ただし、厳密には、モジュラーはモジュールの上位概念であり、モジュール化を伴わないモジュラー化もありうる。例えば、玩具のレゴブロックのように、標準化された単品部品の集積によってシステムが成り立つような場合には、モジュール化なしにモジュラリティが実現するケースもある。

### 2-2. 製品設計のモジュラー化

製品設計のモジュラー化とは、製品を構成する機能と構造とを出来るだけ一対一にすっきりと対応させ、機能的に完結したサブシステム (= モジュール) を形成すると同時に、モジュール間の相互依存を出来るだけ削減し、集約化・標準化されたインターフェースで接続可能なように製品アーキテクチャを作り変えることをいう (Baldwin & Clark, 2000; 藤本, 武石, 青島, 2001; Sako & Murray, 1999; Ulrich, 1995; Ulrich & Eppinger, 2000)。製品設計のモジュラー化では、モジュール内部では構成要素間の複雑な相互依存を許容し、モジュール間では相互依存を極力抑えることが鍵となる。この意味でのモジュラー化は、PC 業界や情報家電業界で典型的にみられる。

製品設計のモジュラー化は、第一に、製品システムの設計に関わる複雑性を低減することに狙いがある。製品システムの構成要素の間に緊密な相互依存がある場合、ある要素における設計の変更が相互依存関係にある別の要素の設計へ影響し、その影響がさらに別の要素へ作用するという波及効果がしばしば生じる。例えば、自動車用空調システムの場合、コンデンサとコンプレッサには相互依存関係があり、コンデンサの仕様を変更するとコンプレッサの仕様も影響を受ける。コンプレッサの仕様変更は、さらにエバポレータコアやアキュムレータの設計に影響を与え、コンデンサの設計変更の影響が他の要素へと波及的あるいは循環的に広がっていく。製品設計のモジュラー化は、製品システムを適当な単位

に切り分けてモジュールを形成し、構成要素間の相互依存に起因するシステム複雑性の増大をモジュール内に閉じ込める効果がある。

第二に、製品設計のモジュラー化は、市場対応への柔軟性を向上させる。すなわち、顧客ニーズの多様性や変化に対し、製品全体ではなくモジュールの変更により、対応することが可能になる。既述したように、製品はいくつもの下位機能や部品群から構成されているが、顧客ニーズの違いに適応するために、すべての部品を変更する必要はない。顧客ニーズのバラツキの核となる部分に対応する部分をモジュール化し、そのモジュールを顧客に応じて作り変えたり、取り替えたり、あるいはアップグレードしたりすることにより、多様な顧客ニーズへの対応コストを抑制することが出来る。また、顧客ニーズの多様性とは関係のない部分は、共通化することが容易となり、規模の経済を生かしてコストを低減することも可能となる。

第三に、製品設計のモジュラー化のこうした側面は、顧客の側から見れば、使用のモジュラー化 (modularity in use) である。製品設計がモジュラー化することにより、顧客はそれぞれ完結した機能をもつ部品 (モジュール) を組み合わせることにより、多様な製品機能の組み合わせを実現できるようになる。使用のモジュラー化により、顧客は自分のニーズに合わせて自ら製品機能を組み合わせることが可能になる。さらには、部分的な機能の変更や追加、更新のために、製品全体を買い換える必要がなくなり、コスト節約のメリットもある。

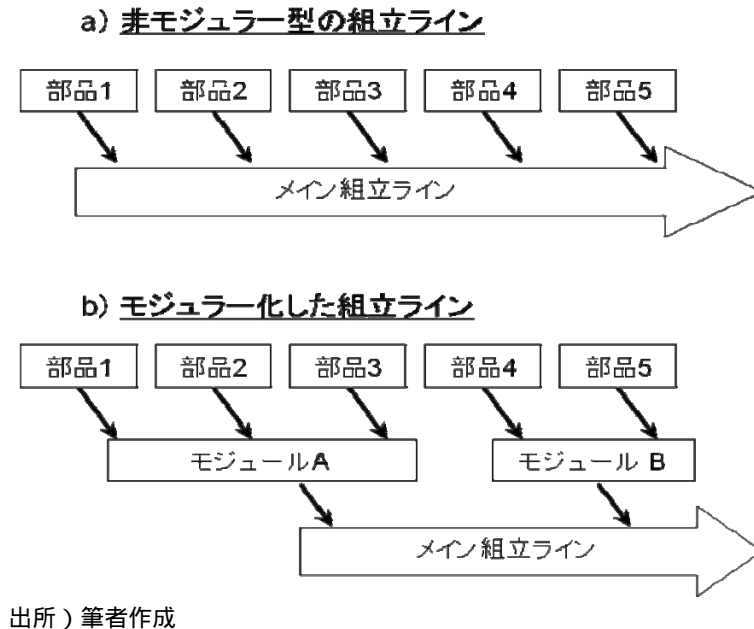
### 2-3. 生産システムのモジュラー化

これに対し、生産システムのモジュラー化とは、複雑に入り組んだ生産プロセスにおいて、各種の生産作業 (例えば、部品加工、組立、検査など) を相互に独立に行えるように、適切に作業プロセスやレイアウトを切り分け、切り分けた作業グループ内では緊密な調整をする一方、作業グループ間の相互依存を削減することにより、生産システム全体の複雑性の低減、生産品目・数量の変動への対応、作業性の改善を目指す試みである。

組立工程を例にとると、モジュラー化していない生産工程では、一本の長いメインラインに単品部品を順番に組み立てていって製品を完成させることになる(図3a)。この場合、各部品の組み付け工程がメインラインとのインターフェースとなる。

仮に、ある工程で作業の遅れや不良が発生すると、仕掛品在庫などにより吸収されない限り、それ以降の工程すべてに影響する。あるいは、ある特定の工程において特殊な作業

図3 生産システムのモジュラー化



(例えば、製品種類により金型の段取り換えが必要なケースなど)がある場合、他工程の作業は平準化されていても、生産ライン全体の生産性は、その特殊作業のある工程での金型の段取り換えの頻度やリードタイムなどに制約される。

そこで、適当な単位で組立作業をグループ化してサブラインを形成し、サブラインで組み立てられた半製品をメインラインで組み立てることによって最終製品を完成させるのが生産のモジュラー化のひとつのパターンである(図3b)。自動車業界におけるモジュールとは、このようなサブラインの拡充に伴って形成される部品群を意味するケースが多い。

生産システムのモジュラー化では、サブラインとメインラインの結合点がインターフェースとなる。インターフェース・ルール(例えば、サブアセンブリされた部品をメインラインに供給するサイクルタイム)を守っている限り、メインラインに影響することなく、サブライン内の作業編成を自由に変更することができる。それにより、ある生産工程において作業の遅れや不良が発生したとしても、その影響はその工程が含まれるサブライン内にとどまり、メインラインへの影響は最小限に食い止められる。また、上述した特殊な工程なども別ラインにすることにより、メインラインへの影響を切り離すことが可能となる。

#### 2-4. 製品設計のモジュラー化と生産システムのモジュラー化の関係

製品設計のモジュラー化と生産システムのモジュラー化は、それぞれ異なった論理を持っているため、両者にとって最適なモジュールの形は必ずしも一致しない。

すなわち、製品設計のモジュラー化では、設計作業におけるシステム複雑性の低減やモジュールの組み合わせによる柔軟な市場対応が鍵であるため、機能が完結するようにモジュールやインターフェースが定義される。

それに対し、生産のモジュラー化では、部品の省略化や統合化などにより生産工程の省略やコスト削減が実現できるように構造を見直すことが重要である。具体的には、部品レイアウト上あるいは組立工程上、近くにある部品群をグループ化して生産モジュールとされることが多い。

つまり、製品設計のモジュラー化では製品機能の観点を重視するのに対し、生産のモジュラー化では製品構造の観点を重視する。製品設計と生産とでは、それぞれ異なるモジュラー化の論理が働き、最適なモジュール化の方法は両者では異なる可能性がある（目代, 2005; Sako & Murray, 1999; 武石, 藤本, 具, 2001）。

このことは、現実の自動車部品のモジュラー化において大きな意味を持つ。現状では、自動車部品のモジュラー化は、生産を容易にする構造一体化を目指す生産のモジュラー化が優先され、製品設計のモジュラー化は可能な範囲において限定的に取り組むケースが多くみられる。

しかし、もし完成車メーカーが受注生産（Build-to-Order）などへのより一層の対応を重視して設計モジュラー化を目指した場合には、部品メーカーには、機能完結的なモジュールの開発・設計が求められるようになる。その一方、工程設計・量産においては、構造および物流の観点からのモジュール構造の最適化が求められる。この場合、モジュール開発において、設計モジュラー化と生産モジュラー化の間で、アーキテクチャ上の捻じれが生じる可能性があり、部品メーカーには難しい舵取りが求められる。場合によっては、いったん自動車メーカーがモジュール開発を内製化し、新たなアーキテクチャが固まった上で、部品メーカーにモジュールの製造や開発を順次アウトソースしていく筋書きも考えられる。

#### 2-5. 自動車産業における「モジュール部品」の位置づけ

以上の概念的枠組みにもとづき、自動車産業における「モジュール部品」の性格を整理したい。



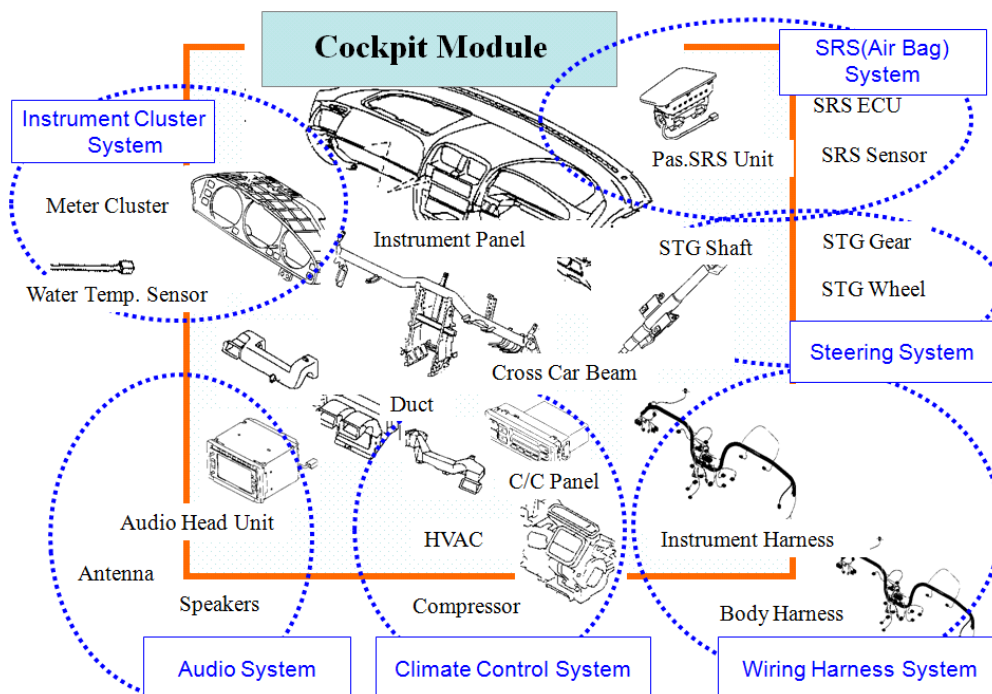
## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

代表的なモジュール部品であるコックピットモジュール、フロントエンドモジュール、ドアモジュール、ルーフモジュールなどは、いずれもひとつのモジュール内に複数の機能を含むか、あるいは複数のモジュールによりひとつの機能が実現される構造となっている。

例えば、コックピットモジュールには、メーター表示やオーディオ、空調、車体強度補強、安全などの複数の機能が含まれている。フロントエンドモジュールの場合、エンジン冷却、空調、車体強度補強などの機能が含まれる。ドアモジュールの機能としては、乗降機能、ガラス開閉、オーディオ、ロック機能、車体強度補強などが含まれる。

さらに、自動車のモジュール部品の場合、機能がモジュール内に完結する形で含まれておらず、モジュールの境界をまたぐ形で横断的に存在している。例えば、図4はコックピットモジュールの構成要素を示しているが、空調システムはフロントエンドモジュールに跨っており、またオーディオ・システムはドアモジュールやルーフモジュールなど関わっている。その他のエアバッグやワイヤーハーネス、ステアリングなどのシステムも他の部品や車体本体と密接に関わっている。

図4 コックピットモジュールの構成部品 / システム相関図



出所) 筆者作成

このように、自動車の場合、モジュール部品は、標準化されたインターフェースを持つ機能完結型の部品の集合体とはなっていない。むしろ、自動車のモジュール部品は、場所の概念といえる。すなわち、レイアウト上近くにある部品群をひとつの単位と捉え、サブラインにおけるサブアセンブリ、あるいは設計変更や素材変更による部品統合や部品廃止により、生産の合理化を図ることを狙いとしている。自動車メーカー各社が開発・生産するモジュール部品は、単に単品部品をサブアセンブリしたレベルから、部品構造の統合化・最適化を図ったレベルまで幅があるが、いずれもサブラインを拡充し、メインラインを短縮・平準化するという点では共通している。その意味で、自動車における「モジュール部品」とは、生産システムのモジュラー化を起点として、部品を複合化したものであり、必ずしも製品設計上のインターフェース標準化や機能の完結化を伴うものではない。

こうした概念整理を踏まえ、本論文では、次のようにモジュールの用語を使い分けたい。

- 設計モジュール：製品設計のモジュラー化の結果として形成されるもので、標準化されたインターフェースと完結的な機能を持つ部品の集合体
- 生産モジュール：生産システムのモジュラー化の結果として形成されるもので、レイアウト上近くにある部品群をサブアセンブリもしくは統合化した部品の集合体

なお、「コックピットモジュール」や「フロントエンドモジュール」などの名称は、自動車業界で既に定着している用語であるため、そのままコックピットモジュール、フロントエンドモジュールと呼ぶことにし、必要に応じてそれらが設計モジュールか生産モジュールなのかを説明するようにする。

### 3. 欧州・北米におけるモジュールの導入状況

#### 3-1. モジュール化の概況

表1は、主な欧米メーカーによるモジュール化の状況を示している。モジュール別に見ると、1998年の時点で、コックピットモジュールとフロント/リアサスペンションモジュールがすべてのメーカーで採用されており、フロントエンドモジュール、ドアモジュールもほとんどのメーカーで導入されている。それに対しテールゲート（バックドア）モジュールの導入は一部に限られている。2005年には、コックピットモジュール、フロントエンドモジュール、ドアモジュール、フロント/リアサスペンションモジュールに加え、ルー

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

**表 1** 主要欧米メーカーにおけるモジュール部品の導入状況

1998 年

|        | コック<br>ピット | フロント<br>エンド | テール<br>ゲート | ドア | Fr/Rr<br>サス | ルーフ |
|--------|------------|-------------|------------|----|-------------|-----|
| VW     |            |             |            |    |             |     |
| AUDI   |            |             |            |    |             |     |
| M-Benz |            |             |            |    |             |     |
| MCC    |            |             |            |    |             |     |
| GM     |            |             |            |    |             |     |
| Ford   |            |             |            |    |             |     |

出所) 98.10.JAMA/MEMA 協議用データ (幹事会社 HONDA 作成)

2005 年

|        | コック<br>ピット | フロント<br>エンド | テール<br>ゲート | ドア | Fr/Rr<br>サス | ルーフ |
|--------|------------|-------------|------------|----|-------------|-----|
| VW     |            |             |            |    |             |     |
| AUDI   |            |             |            |    |             |     |
| M-Benz |            |             |            |    |             |     |
| MCC    |            |             |            |    |             |     |
| GM     |            |             |            |    |             |     |
| Ford   |            |             |            |    |             |     |

出所) 98.10.JAMA/MEMA 協議用データ (幹事会社 HONDA 作成) を 2005 年時点のデータで筆者が追加調査、修正

フモジュールの導入が拡大している。

メーカー別に見ると、フォルクスワーゲン(VW)およびマイクロコンパクトカー(MCC)でもっとも広範にモジュール化が進められている。とりわけ、MCC では、1998 年当初からすべての品目において大規模なモジュール部品が採用されている。2005 年に入ると、アウディ、ゼネラルモーターズ、フォードは、テールゲートモジュールを除いて、すべての品目でモジュール部品を採用している。また、VW とアウディは、同クラスの車種間(例えば、VW Golf と Audi A3)でフロントエンドモジュールやコックピットモジュールなどの基本構造を共通化している。

### 3-2. コックピットモジュール

コックピットモジュールは、初期のシンプルな構成から次第に複雑で集積度の高いモジュールへと発展してきている。図 5 は、コックピットモジュールの進化段階と欧米メーカーのポジションを示している。コックピット周りは、モジュールの中でも最も構成部品の

図5 コックピットモジュールの変化

|            | フェーズ1   | フェーズ2                      | フェーズ3                                     | フェーズ4   |
|------------|---|----------------------------|---|---|
| 欧州<br>トレンド | インstrumentパネル<br>+ワイヤーハーネス<br>+ステアリングシャフト<br>+オーディオユニット<br>+ヒートコントロール | フェーズ1<br>+メーターセット<br>+HVAC | フェーズ2<br>+ダッシュパネル<br>+ペダル<br>+エンジンルームハーネス | フェーズ3<br>+コンソール<br>+チェンジアッセンブリ<br>+パーキングブレーキ<br>+ステアリングシステム |
|            | BMW    FIAT    Citroen  | Ford    VW                 | Renault                                   |   |

出所) 筆者作成

多い部位であり、メイン組立ラインでの作業の複雑性や所要時間を低減させるために、より多くの部品をモジュールに組み込む方向に開発が進んでおり、いわゆる生産モジュールといえる。

第1フェーズのコックピットモジュールは、主にインストルメンタルパネル、クロスカービーム、ステアリングシャフト、オーディオユニット、ヒートコントロール、ワイヤーハーネスなどで構成される。第2フェーズでは、第1フェーズのCPMに、メータセット、HVACを加えたものである。第3フェーズのCPMは、第2フェーズまでのCPMにダッシュパネル、ペダル、エンジンルームハーネスが複合化されたものである。さらに将来的には、第4フェーズとして、第3フェーズまでのCPMにコンソール、チェンジAssy、パーキングブレーキ、ステアリングシステムを統合化したものになるとの見方もある。<sup>1</sup> ただし、第4フェーズのCPMはサイズが大きく、生産ラインにおいて従来のようにフロントウィンドウやドアサイドからCPMを挿入することが不可能であるため、車体構造そのものの見直しが必要になる可能性がある。

### 3-3. フロントエンドモジュール

フロントエンドモジュールは、バンパー、ラジエータ、ラジエータシュラウド、ランプ

<sup>1</sup> ドイツ(ミュンヘン)における Roland Berger Strategy Consultants GmbH への筆者インタビューによる(2003年12月5日)

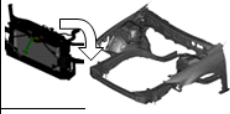

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

などで構成される複合部品である。フロントエンドモジュールも生産モジュールの一種であり、部品費の削減や組立生産性の改善が主な目的である。それに加え、自動車の先端に位置する大型部品であることから安全性や走行性の向上も重要な開発要件である。図6は、フロントエンドモジュールの変化の方向性を示している。

フロントエンドモジュールの発展段階は、主に部品集積度、モジュールキャリア素材の違い、車体構造との関係によって区別できる。

第1フェーズは、モジュール化以前の段階で、ラジエータ、バンパー、ランプなどの部品をメインラインで個別に組み付けるものである。ラジエータシュラウドは鉄製である。フロントサイドメンバ前端部は、フロントクロスメンバと溶接され、フロントエンド車体構造は閉じた形（クローズ型）となっている。第2フェーズは、鉄製シュラウドもしくは樹脂に鉄をインサート成形したハイブリッド素材シュラウドにラジエータやコンデンサなどを組み付けたうえで、メインラインに供給するものである。このうち、フロントエンド車体構造がクローズ型のものをセミモジュール、オープン型（FEM 組み付け前の段階で、フロントサイドメンバがフロントクロスメンバで連結されておらず、フロントエンドが開放しているもの）のものをフルモジュールと呼ぶこともある。

図6 フロントエンドモジュールの変化

|  | Phase 1<br>メタルキャリアー      | Phase 2<br>ハイブリッドキャリアー  | Phase 3<br>インジェクションキャリアー |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| Non Module   | Mazda、Toyota、Honda、三菱、GM | Ford Focus  |                          |
| Semi Module<br>(Close Body)<br> |                          | Mazda   | Mazda                    |
| Full Module<br>(Open Body)<br>  |                          | Ford Fiesta<br>VW Passat, Touareg<br>Audi A3, A4<br>DC Vito/Viano<br>BMW 3, X3<br>日産 Z<br>Mazda | ↓<br>Goal?<br>→          |

出所) 筆者等の調査による

第3フェーズは、樹脂インジェクション成形したシュラウドをベースとして、ラジエータとコンデンサを一体化したクーリングユニット、フロントクロスメンバ、ランプ、バンパーをサブラインで組み立てたうえで、メインラインに供給するモジュールである。樹脂製シュラウドをインジェクション成形することにより、シュラウドの軽量化による走行性の向上や燃費の改善、ブラケット類の統合化による部品点数・コストの削減、組立工数の低減が可能となる。このフェーズでも車体構造に応じて、セミモジュールとフルモジュールがある。

フロントエンドモジュールの部品集積度が大きくなるほど、サブラインで組み立てられる部品の範囲が大きくなり、メインラインを短縮するとともに、車種やグレードの違いによる装備率の違いをサブラインで吸収することができる。

一方、部品集積度の大きいフルモジュールの実現には、モジュールのベースとなるシュラウドの強度向上と軽量化の両立が不可欠となる。また、オープン構造の場合、モジュールを組み付ける車体側のフロントサイドメンバに歪みが生じる可能性があり、組付精度を保障する工夫が必要となる。これらに生じる追加的工数やコストをいかに抑えるかが第3フェーズ以降のフロントエンドモジュールの開発課題といえる。

#### 3-4. ドアモジュール










ドアモジュールは、ドアとボディとの間で構造面および機能面において密接な相互依存性があり、統合寄りの設計アーキテクチャをしている。<sup>2</sup> その一方、ドアモジュールは、塗装後いったんボディから取り外し、別ラインで組み立てられることから、生産アーキテクチャはモジュラー的である。ドアモジュールは、部品の集積度、ドアモジュールキャリアの有無および素材によって発展段階が異なっている。図7は、ドアモジュールの変化を示している。

モジュール化以前の第0フェーズは、ドアインナーパネルにウィンド、ウィンドレギュレータ、モータ、ワイヤーハーネス、ドアラッチ、スピーカなどをサブラインで個別に組み付ける段階である。

第1フェーズは、金属製のキャリアプレートにウィンド、ウィンドレギュレータ、ドア

<sup>2</sup> 一部の日本メーカーは、成形自由度の高い樹脂製のドアモジュールキャリアプレートを開発し、車種間のドア形状の違いを吸収し、モータやスピーカなどの構成部品を車種間で共通化するなど、設計モジュール的な特性を持たせている。ただし、モジュールキャリアプレートは、車種ごとに専用設計である。

図7 ドアモジュールの変化

| 統合化<br>集合化          | Phase 1<br>Carrier/Frame   | Phase 2<br>Integrate<br>Carrier/Frame   | Phase 3<br>High Integrate<br>Carrier/Frame   | Phase 4<br>Full Trimmed<br>Integrate  |
|---------------------|--|---|--|---|
| Low<br>Aggregation  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nissan Primera/</li> <li>• Renault Laguna/• GM Light Truck</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brose Proto 1</li> <li>• RegはBIWとしCarrier剛性Down</li> </ul>  |  |   |
| Mid<br>Aggregation  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ford C-Car</li> <li>• VW Golf</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ford B-Car</li> <li>• Mazda</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High Integrate化</li> <li>• Crash Pad/Pocket/</li> <li>• Regulator /attachment</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brose Proto2</li> <li>• ロアトリム ??</li> <li>• 一体</li> </ul>                                 |
| High<br>Aggregation | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiat Tipo</li> <li>ガラスもSub-Assy</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Audi</li> <li>Reg &amp; Guide System 一体化</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VW Touareg</li> <li>• Benz Smart</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Full Module</li> <li>• 2010年以降5%</li> <li>• OEM生産のスム化</li> <li>• Module単位で発注</li> </ul>  |

出所) 筆者等の調査による。画像資料は、自動車メーカー、部品メーカー各社のホームページより。

ラッチ、ワイヤーハーネス、スピーカなどをサブラインで組み付けたうえで、これらの部品がマウントされたキャリアをドアパネルに組み付けるものである。

第2フェーズは、キャリアプレートを樹脂化したうえで、ウィンド、ウィンドレギュレータ、ドアラッチ、ワイヤーハーネス、スピーカなどをサブアッセンブリし、ドアパネルに組み付けるものである。<sup>3</sup> 軽量で成形性の良い樹脂をキャリアプレートの部材とすることで、構成部品を組み付けるためのブラケットやクリップ類をプレートに一体成形し、モジュールの軽量化、部品点数の削減や組立工数の低減が図られている。ただし、樹脂製キャリアプレートを採用するためには、金属製キャリアプレートと同等の剛性が求められ、技術的ハードルが高く、欧米メーカーでは採用例は限られている。

次世代の第3フェーズは、モジュールプレートとドアトリムを一体化したもので、「Trimmed Door」と呼ばれる。

<sup>3</sup> キャリアプレートの素材は、軽量化を狙いアルミ化の方向もあり、複線的である。ただし、アルミは軽量化の効果はあるが、樹脂ほどの成形自由度はない。

### 3-5. ルーフモジュール

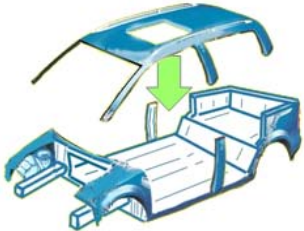
ルーフモジュールは、主に組立生産性の改善および車体構造の合理化の観点から開発が進められており、生産モジュールの一種といえる。図8は、ルーフモジュールの変化を示している。

第1フェーズは、成形天井にルームランプ、ルームランプハーネス、ルーフインシュレータ、オーバーヘッドコンソール、アシストハンドルなどをサブアセンブリしたもので、ラージルーフなどと呼ばれるものがある。

第2フェーズは、第1フェーズの構成部品をさらに拡大し、サンルーフ、サンバイザー、オーディオスピーカー、アンテナ、ルーフアウターパネルなどを含んだもので、コンプリートルーフなどと呼ばれる。

第3フェーズは、ピラーから上の部分をひとつのモジュールとしてまとめたもので、ルーフボディモジュールと呼ばれる。ルーフボディモジュールは、通常のモノコックボディからピラーを含むルーフ部分を切り離すというものであり、車体構造の変革を伴うものである。ボディモジュール化の狙いとして、大型化するコックピットモジュールやシートモジュールのライン組み付け時の搭載性の改善があげられる。従来、コックピットモジュールはフロントウィンドウやサイドドアのスペースからロボットや補助装置を用いた人手に

図8 ルーフモジュールの変化

|            | フェーズ1   | フェーズ2  | フェーズ3  |
|------------|---|--|--|
| 欧州<br>トレンド | <p>Large Roof</p>  | <p>Complete Roof</p>  <p>Extra Skinやアンテナ、サンルーフまで含んだRoofのモジュール化(Smart)</p> | <p>Body Module</p>  <p>ピラー、Body Roof一体Moduleで車の味付けを変更可能。組立法革新</p> |

出所) ラージルーフ：『日経メカニカル』(2001年11月号)、コンプリートルーフ：Arvin Meritorホームページ <http://www.arvinmeritor.com/products/car/roofsystems.asp>、ボディモジュール：筆者作成



より挿入されていた。しかし、コックピットモジュールの大型化に伴い、車内への挿入が難しくなっていく。そこで、ルーフ全体をピラーごと切り離すことにより、コックピットモジュール、シートモジュール、その他の大型部品を上から順に組み付けることが可能になり、組立性を大きく改善する可能性が生じる。

ただし、本来、ピラーやルーフは、車体構造と一体であることによってモノコックボディとしての剛性を確保している。ルーフボディモジュールを実現するためには、ボディシエル自体の抜本的な見直しが必要であり、技術的に高いハードルが存在するとともに、車体構造の見直しに伴うコスト増大を相殺できるだけの組立性向上によるコスト低減が確保できるかが、今後の課題となる。

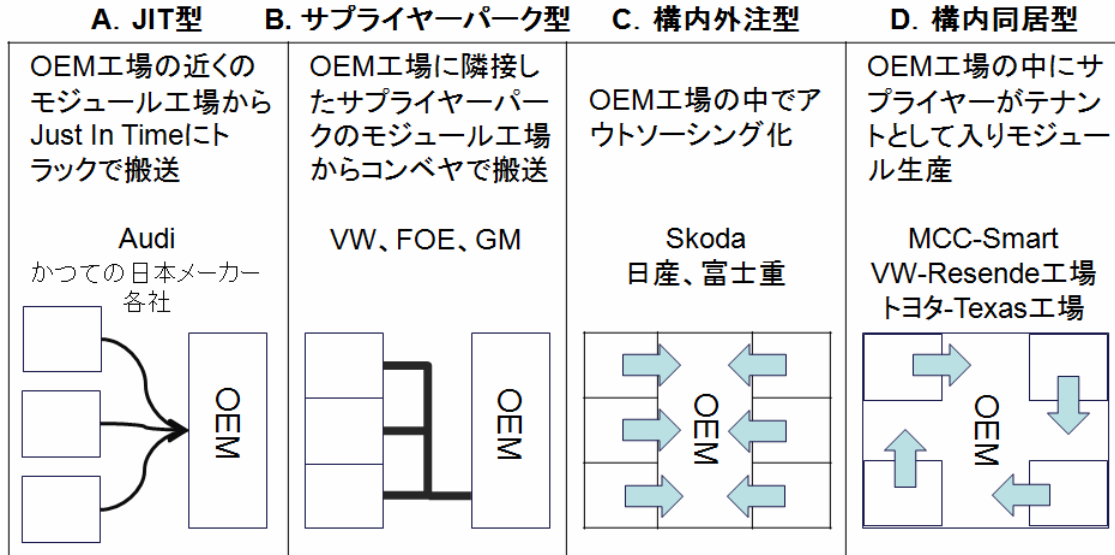
### 4. モジュール生産とアウトソーシング

#### 4-1. モジュール工場の操業形式

自動車のモジュールは、組み立てると体積や重量が大きくなり、遠距離からの輸送効率が悪くなる。そのため、モジュールの生産をアウトソースする場合、完成車工場のできるだけ近くから納入する方が物流効率がよい。モジュール生産のアウトソーシングには、モジュールの物流方式およびサプライヤー立地の観点から、図9に示すような四つのタイプがある。以下に、四つのタイプの一般的特徴を示す。

- A. ジャストインタイム（JIT）方式：完成車工場の周辺に立地するサプライヤーの工場からモジュールをジャストインタイムにトラックで搬送する方式。モジュールは嵩張る上、生産車両の種類や数量の変動にジャストインタイムに対応するためには、完成車組立工場とモジュール工場との間である程度の近接性が必要となる。一般に、交通事情の良い欧米では7-10km圏内、日本では2-3km圏内にモジュール工場が立地することが必要条件となる。
- B. サプライヤーパーク（SP）方式：完成車工場に隣接した専用の工業用地にサプライヤーが工場を建設し、組み立てたモジュールを完成車工場に連結されたベルトコンベアで搬送する方式。サプライヤーパークの建設は、完成車メーカーが地元行政と共同で行うケースも少なくない。サプライヤーパークでのモジュール工場の建設や機械設備の導入は、基本的にサプライヤーの責任で実施される。サプライヤーパークで組み立てられたモジュールは、専用のベルトコンベアや搬入通路、鉄道などを通じて、

図9 モジュール工場の操業形式の分類



出所) Sako (2003) をベースに「C. 構内外注型」を追加。

完成車工場のメインラインに JIT もしくは JIS (ジャストインシーケンス) で納入される。モジュールの構成部品は、サプライヤーパーク内で加工されるものもあるが、二次サプライヤーからトラックなどで JIT 納入されるケースも多い。

C. 構内外注型：完成車工場の中で、サプライヤーがモジュール組立ラインを作り、組み立てる方式。サプライヤーは、完成車工場の一部を間借りして、モジュール組立のサブラインを担当する。モジュールを構成する部品は、完成車工場の外から JIT 方式などで搬入される。完成車メーカーは、メイン組立ラインを担当し、構内外注のサプライヤーから供給されたモジュールをメインラインで車体に組み付ける。基本的に、工場内の敷地や設備や完成車メーカーの所有である。

D. 構内同居型：完成車工場の敷地内にサプライヤーの工場も作られ、部品加工からモジュール組立まで行い、完成したモジュールをメインラインに供給する方式。モジュールのメインライン組付けまでも構内同居サプライヤーが担当するケースもある。工場の敷地や建物は完成車メーカーの所有が多いが、モジュール工場の機械設備や金型、治具は構内同居サプライヤーが所有するケースが多い。

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

**表 2 欧米メーカーの主要モジュール工場一覧**

| 自動車メーカー                | 工場(国)                  | 工場建設年               | モジュール導入年 | 主要車種                | 操業形式     |
|------------------------|------------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| VW                     | Emden 工場(ドイツ)          | 1964年               | 2004年    | Passat              | JIT→SP   |
|                        | Mosel 工場(ドイツ)          | 1961年               | 1996年    | Golf、Passat         | JIT型     |
|                        | Resende 工場(ブラジル)       | 1996年               | 1996年    | 商用車                 | 構内同居型    |
|                        | Puebla 工場(メキシコ)        | 1967年               | 1996年    | New Beetle、Golf     | SP型      |
|                        | Curitiba 工場(ブラジル)      | 1999年               | 1998年    | Golf、Audi A4        | --       |
|                        | Brussels 工場(ベルギー)      | 1970年               | 1998年    | Toledo (SEAT)、Golf  | --       |
|                        | Pamplona 工場(スペイン)      | 1966年               | 1999年    | Polo                | SP型      |
|                        | Blatislava 工場(スロバキア)   | 1991年               | 2001年    | Polo、Colorado (SUV) | SP型      |
|                        | Auto 5000(独)           | 2003年               | 2003年    | Touran              | JIT型     |
| Audi                   | Ingolstadt 工場(ドイツ)     | 1949年               | 1995年    | A3、A4               | JIT→SP型  |
|                        | Neckersulm 工場(ドイツ)     | 1873年               | 1996年    | A2、A6               | SP型      |
|                        | Gyor 工場(ハンガリー)         | 1993年               | 1998年    | TT                  | SP型      |
| Skoda                  | Mlada Bolesrav 工場(チェコ) | 1905年 <sup>*1</sup> | 1996年    | Octavia、Fabia       | 構内外注型    |
| Ford                   | Valencia 工場(スペイン)      | 1976年               | 1997年    | Ka、Focus            | SP型      |
|                        | Saarlouis 工場(ドイツ)      | 1970年               | 1998年    | Focus               | SP型      |
|                        | Genk 工場(ベルギー)          | 1964年               | 2000年    | Mondeo              | SP型      |
|                        | Colonge 工場(ドイツ)        | 1931年               | 2001年    | Fiesta、Fusion       | SP型      |
|                        | Camacari 工場(ブラジル)      | 2001年               | 2001年    | Fiesta              | 構内同居型    |
| Volvo                  | Arendal 工場(スウェーデン)     | 1963年 <sup>*2</sup> | 1998年    | S80                 | JIT→SP型  |
| Daimler Chrysler (MCC) | Rastatt 工場(ドイツ)        | 1992年               | 1997年    | A-Class             | 構内同居型    |
|                        | Hambach 工場(フランス)       | 1998年               | 1998年    | Smart               | 構内同居型    |
|                        | Sindelfingen 工場(ドイツ)   | 1919年               | 2000年    | S、C、E-Class         | JIT + SP |
|                        | Tuscaloosa 工場(米国アラバマ州) | 1997年               | 1997年    | M-Class             | JIT方式    |
| PSA                    | Aulnay 工場(フランス)        | 1973年               | ---年     | Citroën C2、C3       | JIT方式    |

注) \*1 VW傘下入りは1991年。\*2 Torslanda工場の操業年。Arendalは、Torslanda工場に隣接するSP。出所) 各種資料より筆者作成

欧米メーカーの特徴は、部品モジュール化が生産のアウトソーシングを伴って進められている点ある。表2は、欧米メーカーの主要なモジュール工場の一覧である。

### 4-2. VWグループ

VWグループは、欧州においても最も積極的にモジュール化を推進してきた自動車メー

カーである。背景には、VW グループの拡大と生産規模の急速な拡大、ドイツ国内における製造コストの上昇、プラットフォーム統合化戦略の補完、があげられる。

VW は、1990 年代、GM やフォード、ダイムラー（当時）と並ぶ、グローバルメーカーを目指し、積極的な拡大策をとってきた。1990 年には SEAT、1991 年には Skoda を傘下に収めた。VW グループの販売台数は、1993 年の 296.2 万台から 10 年後の 2003 年には 501.6 万台に急拡大し、2006 年には 572 万台に達している。こうした生産台数の急拡大に対し、ドイツ国内の製造コストが高いこともあり、旧東ドイツ地域や東欧、南米での新工場の建設や既存工場の拡張が行なわれた。こうした新天地での自動車生産においては、品質の確保や部品の供給体制の整備が重要課題となり、その解決策のひとつとしてモジュール生産が精力的に進められた。

また、開発面においては、VW は 1990 年代からプラットフォーム統合化戦略を推進してきた。車両の骨格となり、車の大きさや基本性能を決めるプラットフォームを 4 群（A0：小型車、A：中型車、B：中大型車、D：上級車）に集約し、VW グループ内（フォルクスワーゲン、アウディ、SEAT、Skoda）での共通利用を進めた。その結果、車両開発費の削減や新モデルの迅速な立上げなどで成果をあげた。他方で、共通プラットフォームから派生的に開発されたモデルはデザインが似通り、ブランド間の差異化の面で問題を抱えることになった。

そこで、車両システムの階層においてモジュールをプラットフォームよりも一段低い階層の構成要素と位置づけ、モジュールの組合せを自在に変えることにより、ブランド間やモデル間の個性の違いを低コストで実現する戦略を目指した（Wilhelm, 1997）。

このような背景から、VW グループではモジュール生産方式の積極的な展開を図った。

#### 4-2-1. VW モーゼル工場(ドイツ)

モーゼル（Mosel）工場は、旧東ドイツ時代にトラバントを生産していた国営工場を VW が 1991 年に買い取り、改装したものである。敷地面積は 180 万 m<sup>2</sup> で、従業員数は約 6,900 人である。主要生産車種は、Golf および Passat である。

モーゼル工場でモジュール生産が導入されたのは 1996 年末からである。<sup>4</sup> モジュール生産の方式は、典型的な JIT 型である。当時の一次サプライヤー数は約 190 社で、そのうち 13 社がモジュールサプライヤーであった。現在は、約 40 社のモジュールサプライヤーが

<sup>4</sup> モーゼル工場の概要は、主に池田（2004）による。

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

モーゼル工場の近隣に立地しており、29 のモジュールをトラック輸送によるJIT方式で納入している。

モジュールサプライヤーの多くは海外の大手企業であり、その多くは現地の旧東ドイツ時代の部品メーカーを買収して進出している。モジュールサプライヤーは、モーゼル工場の周辺 10-20km の範囲に分散し、トラック輸送により 30-60 分の所要時間でモジュールを JIT 納入している。各サプライヤーには、生産車両がモーゼル工場の塗装工程を出た時点で生産指示が出され、そこからモジュール組立、トラック輸送、ライン納入までの所要時間はおよそ 360 分となっている。

モジュールの構成部品の調達先は、VW が決定権を持っており、品質認定の権限も VW にあった。後に、モジュールの製造および品質の権限がサプライヤーへ移管され、さらにモジュール構成部品もモジュールメーカーが自ら選定することが容認されるようになっていく。

### 4-2-2. アウディ Ingolstadt 工場(ドイツ)

VW 傘下のアウディの Ingolstadt 工場の設立は 1949 年にまで遡る。モジュール生産方式が導入されたのは 1995 年で、当初 JIT 型として建設されたが、小規模なサプライヤーパー

図 10 アウディ Ingolstadt 工場



出所) VWグループホームページ

[http://www.vwgroupsupply.com/b2b/vwb2b\\_folder/supplypublic/en/brands/audi/hq\\_and\\_plants/ingolstadt.html](http://www.vwgroupsupply.com/b2b/vwb2b_folder/supplypublic/en/brands/audi/hq_and_plants/ingolstadt.html) (2007年6月28日検索)

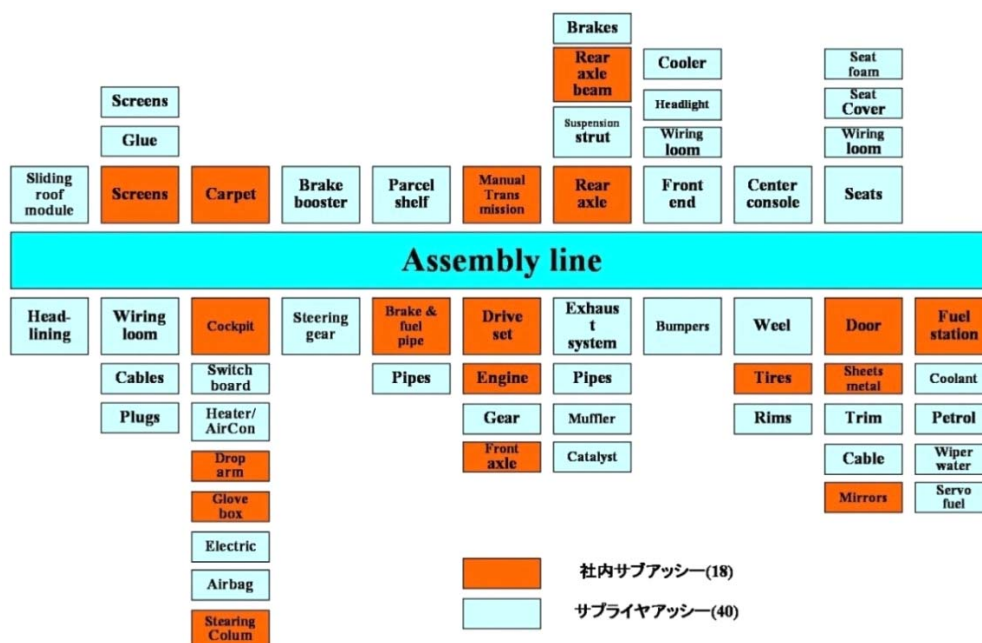
## 岩城・目代

クを併せ持つ工場となった。Ingolstadt 工場の従業員数は 31,013 人（2003 年現在）、生産車種は Audi A3 および A4 である。

図 10 は、Ingolstadt 工場の全景である。Ingolstadt 工場に隣接するサプライヤーパークは GVZ と呼ばれ、敷地面積は 75 万 m<sup>2</sup>、建屋面積は 13.5 万 m<sup>2</sup>、従業員数は約 2,500 人（2004 年現在）である。サプライヤーパークには、15 社のモジュールサプライヤーと物流会社が入居している。完成車工場とサプライヤーパークは、一般道により隔てられているが、長さ 415m の連絡ブリッジにより連結されており、サプライヤーパークで組み立てられたモジュールが電動トラクターにより完成車工場の最終組立ラインに直接納入できるようになっている。

モジュールの構成部品は、トラックや鉄道により、ドイツ国内外からサプライヤーパークに納入される。サプライヤーパーク内には、鉄道の引き込み線があり、DB Cargo 社のコンテナターミナルがあるが、これはアウディやサプライヤーのための専用施設ではないとのことである。サプライヤーパークへの納入資材のおよそ半分は鉄道により搬入されて

図 11 アウディ Ingolstadt 工場の最終組立ラインレイアウト



出所) 現地調査により筆者が作成

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

いる (Larsson, 2002b)。また、サプライヤーパークへの部品納入は、JIT方式ではなく、日単位あるいは週単位でロット納入されている。<sup>5</sup>

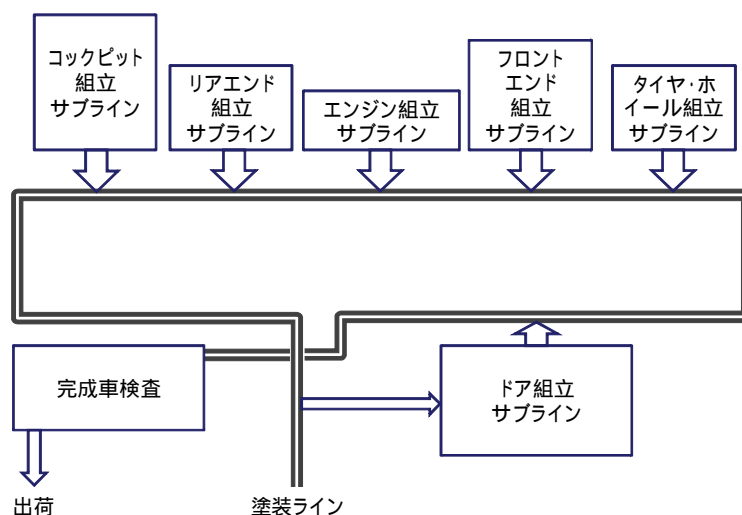
図 11 は、Ingolstadt 工場の最終組立ラインのレイアウトである。フロントエンドモジュールやコックピットモジュール、ドアモジュールは、VW グループ共通の構造となっており、したがって最終ラインでの組み付け方法も共通となっている。全 58 工程のうち、コックピットやドアなどの 18 工程が社内組立、残りの 40 工程がサプライヤー組立となっている。

なお、サプライヤーパークの建設は Ingolstadt 市によって行われ、所有権も同市が保有している。

### 4-2-3. Skoda Mlada Bolesrav 工場(チェコ)

Skoda 社は、チェコの国営自動車メーカーであったが、1991 年に VW グループの傘下に入った。Mlada Bolesrav 工場は Skoda の主力工場であり、Octavia および Fabia を生産している。従業員数は約 1 万 9,000 人、年間生産台数は約 45 万台である。同工場では、1996

図 12 Skoda 社 Mlada Bolesrav 工場の組立ラインレイアウト



出所) 公開資料及び現地調査により筆者作成

<sup>5</sup> そのため、サプライヤーパークから完成車工場へは、完成モジュールが JIT 納入されているが、モジュール工場内部では巨大な倉庫にモジュールの構成部品が大量に在庫されている。

年からモジュール生産方式が導入された。

図 12 は、Mlada Bolesrav 工場のレイアウトである。同工場では、コックピットモジュール、リアエンドモジュール、フロントエンドモジュール、タイヤモジュール、ドアモジュールなどのモジュールが完成車組立ラインと直結したサブラインで組み立てられている。これらのモジュールの大部分はモジュールサプライヤーによって組み立てられ、Skoda の従業員は最終ラインにおけるモジュールの組み付けを行っている。このようにサプライヤーの作業員と Skoda の作業員が同一フロアで作業している点が Mlada Bolesrav 工場の特徴である。

#### 4-2-4. Auto 5000(ドイツ)

Auto 5000 は、2002 年に VW が第 2 組合を組織して立ち上げた工場である。VW Wolfsburg 工場内の古い建屋 (Halle 8-10) をリニューアルしてつくられた。従業員数は 3,700 人、生産車種はミニバン Touran、年間生産台数は約 18 万 7,000 台 (2004 年) である。ドイツ国内の製造コストを東欧並みの水準に抑えることで、新たな雇用を創出するとともに、自動車生産の空洞化を防ぐことを目的に設立された。そのために 2001 年秋にドイツの金属産業労働組合 (IG メタル) との間で労働協定を結び、失業者 5,000 人を一律月 5,000 マルクで

図 13 Wolfsburg 工場と Auto 5000



出所)VW 社プレスリリース <http://www.volkswagen-media-services.com/> (2007年6月28日検索)



雇用するとしている。

図 13 は、Wolfsburg 工場における Auto 5000 の位置を示している。Auto 5000 では 18 のモジュールが採用されている。モジュールは、内製、構内外注によるサプライヤー組立、近隣（7-8km 以内）のサプライヤー工場からの JIS 納入を組み合わせている。コックピットモジュールおよびドアモジュールは、当初 VW の関連会社にアウトソースしていたが、コストや品質面の理由から現在では内製に戻している。Auto 5000 は、労働協定により労務費が抑えられており、そのことが内製への回帰へとつながっている。基本的に、サプライヤーも労働者も生産拠点に近い場所で確保した方が、総合的に見て安くなるとの考え方をもっており、いわゆるグローバル調達には消極的である。

### 4-2-5. VW Emden 工場(ドイツ)

VW Emden 工場は、1964 年に建設された。敷地面積は 410 万 m<sup>2</sup>、建屋面積は 160 万 m<sup>2</sup>、従業員数は約 8,100 人（2006 年）である。生産車種は中型乗用車の Passat で、年間生産台数は約 22 万 8,000 台（2006 年）である。また、ニーダーザクセン州および EU の援助のもと Emden 市が建設した工業団地には、2006 年現在 11 社のサプライヤーが入居し、VW へ部品供給を行っている。

Emden 工場でモジュール生産が導入されているのは、フロントエンド、パワートレイン、シャシー、ブレーキ、コックピット、ドア、シート、ルーフ、排気システム、燃料タンク、タイヤである。モジュール化及びモジュール構造は、VW 本体が決定し、世界共通となる。そして、モジュールの生産方法や内外製区分は、各工場において購買部門が中心となって組織される部品購買委員会（CSC：Component Sourcing Committee）で決定される。

モジュール化の決定にあたっては、次の二つの条件が考慮される。第一が経済的条件であり、生産性、品質、コストである。第二が社会的条件であり、現地雇用の確保や社会福祉政策の視点である。Emden 工場では、雇用者の 5%以上を身体障害者とするとしており、また設備投資には政府からの補助が与えられることになっている。

今後のモジュール生産については、基本的な考えとして、開発から製造までを含めたコスト削減を狙ったモジュール化戦略を続けるとしている。モジュールの基本構造は、VW 車として共通化するが、生産及び購買方法は工場ごとに異なったものとなる可能性がある。ドイツ国内での生産については、政府の社会福祉政策にも対応したモジュール形態とし、ドイツ周辺の低賃金地域ではサプライヤーへのアウトソーシングを活用した最適コストダ

ウンを図るとしている。

#### 4-3. 欧州フォード

欧州フォード (Ford of Europe) も 1990 年代後半から新型車の投入を機にモジュール生産方式を導入し、とりわけサプライヤーパークを積極的に活用している。最初のサプライヤーパークは、1996 年にバレンシア工場 (スペイン) に設置され、その後、1998 年に Saarlouis 工場 (ドイツ)、2000 年に Genk 工場 (ベルギー)、2001 年にケルン工場 (ドイツ) でサプライヤーパークが順次建設されていった。

欧州フォードのモジュール生産の特徴は、同じ方式を統一的に各地の工場に展開している点である。完成車工場に隣接する土地にサプライヤーパークが建設され、そこでサプライヤーはモジュール部品を組み立てる。組み立てられたモジュールは、オーバーヘッドコンベアもしくはトンネル通路を経由して、ジャストインタイムもしくはジャストインシーケンスに完成車工場のメイン組立ラインの供給ポイントへと搬送される。

サプライヤーパークで組み立てられる部品は、原則として、労働集約的で組立時間のかかるもの、もしくは嵩張り、メイン組立ラインのそばに置くとスペースをとるもの、とされている。<sup>6</sup> 欧州フォードは、サプライヤーパーク方式の利点として、トラック輸送が大幅に軽減され、モジュール輸送費が削減されること、メイン組立ライン周辺のスペースが節約できること、メイン組立ラインにおける作業の複雑性が低減されること、品質が向上することなど、をあげている。

以下では、欧州フォードの代表的なモジュール工場について説明する。

##### 4-3-1. バレンシア工場(スペイン)

バレンシア (Valencia) 工場は、1976 年に建設され、1996 年にはサプライヤーパークが設置された。敷地面積は 142.7 万 m<sup>2</sup> で、90 社のサプライヤーが入居しており、従業員数は約 4,000 人である。生産車種は、いずれも小型車の Ka と Focus である。

サプライヤーパークのほぼ中央にロジスティックセンターがあり、各サプライヤーで生産された部品がこのロジスティックセンターを中継基地にして、巨大なベルトコンベアにより自動的にフォードのバレンシア工場に輸送される (図 14 参照)。ベルトコンベアは、地上 5m、幅約 15m、高さ約 5m で、内部をスキー場のリフトに似た搬送機にシートやバン

<sup>6</sup> Ford Motor Company Press Release (2006, November 7).  
[http://media.ford.com/newsroom/release\\_display.cfm?release=24752](http://media.ford.com/newsroom/release_display.cfm?release=24752)

図 14 フォードバレンシア工場



出所) Ford社ニュースリリース

<http://www.mazda.com/publicity/release/2001/200103/0305e.html>

パーなどを吊り下げて流れていく仕組みとなっている。コンベアの総延長は 2km 以上にもなる。

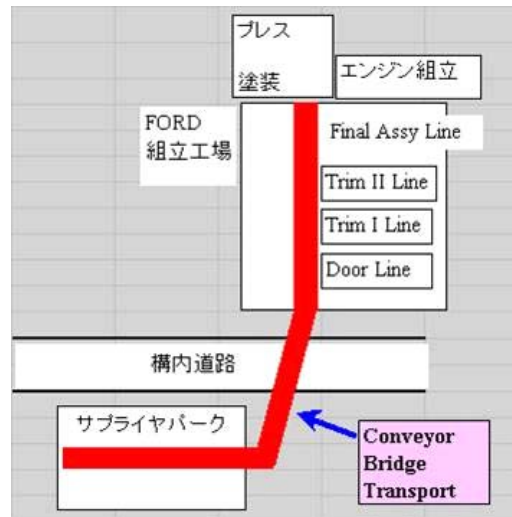
バレンシア工場とサプライヤー群は電子情報ネットワークで結ばれ、モジュール組立の指示はフォードのホスト・コンピュータが行なう。例えば、シート・メーカーの場合、30 秒単位で指令が届き、それに応じてシートが生産されて、バレンシア工場へと流れていく。そのため、日本の JIT 方式のように、部品工場から遠く離れた完成車メーカーの組立工場まで、大型トラックで搬送して指定された時間に納入する必要はなくなり、搬送費と輸送時間が節約される。池田 (2004) によれば、1 日のモジュール部品の輸送量は、トラック 268 台分に相当する。

ただし、このバレンシア工場の弱点は、すべてが一体となっているため、生産量の変動を抑え、常に大量生産を維持することが前提となる点である。そのため、生産量の調整に柔軟性を欠き、需要が減少した場合には、多大な在庫を抱える恐れがある。

#### 4-3-2. Saarlouis 工場(ドイツ)

Saarlouis 工場では、1998 年にサプライヤーパークが建設された。敷地面積は約 22 万 m<sup>2</sup> で、11 社のサプライヤーが入居しており、従業員数は約 1,800 人である。生産車種は Focus

図 15 Saarlouis 工場のレイアウト



出所) 現地調査により筆者作成

である。

Saarlouis は、かつて炭鉱の町として栄えたが斜陽化した。そのため、雇用対策としてサプライヤーパークを州政府と第三セクター（ザールランド土地建築プロジェクト合資会社（SBB））が建設し、欧州フォードに Turn Key Factory としてリースした。その総投資額は 1 億ユーロにもものぼる。

図 15 は、Saarlouis 工場のレイアウトである。Saarlouis 工場では、Fr/Rr アクスル Assy、インパネモジュール + ステアリングコラム + ホイール、ワイヤーハーネス、エグゾーストシステムなど 15 品目のモジュールが採用され、12 社のサプライヤーがサプライヤーパークに入居している。また、完成車組立工場は、サプライヤーパークと専用コンベアブリッジで結ばれており、サプライヤーパークで組み立てられたモジュールはダイレクトに最終組立ラインに搬入される仕組みとなっている。

こうしたモジュール生産方式の採用により、旧型 Escort に比べ、部品点数は 4,600 点から 3,000 点に削減され、工程数の削減及び物流費用の節約により 25% の生産性向上が実現したとされる（池田, 2005）。

#### 4-3-3. ケルン工場(ドイツ)

ケルン（Cologne）工場のサプライヤーパーク建設は、2001 年である。敷地面積は 8 万

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

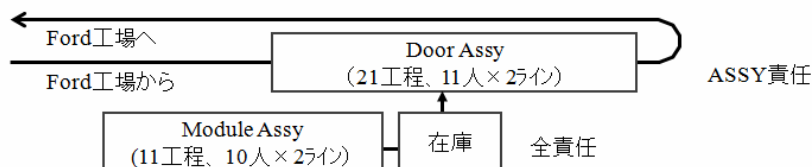
m<sup>2</sup>で、11社のサプライヤーが入居しており、従業員数は約1,200人である。生産車種は、Fiesta および Fusion である。

ケルン工場では、ドアモジュール、フロントエンドモジュール、コックピットモジュールなど12のモジュールが隣接するサプライヤークで組み立てられている。図16はケルン工場のモジュール組立ラインを示している。サプライヤークで組み立てられたモジュールは、図17に示される専用コンベアで完成車工場のメインラインへと供給される。専用コンベアにはモジュール搬送用のラックが8,000台装備されており、実距離は約1km、総延長は約11kmである。コンベアによる輸送時間は13-14分とみられる。冬季には暖房設備も稼動する。コンベアは、設備サプライヤーが委託運営を行っている。

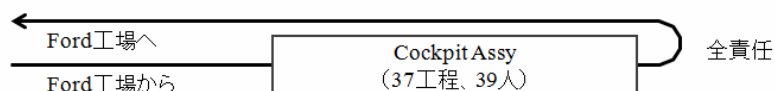
コックピットモジュールは、構成部品の設計を変えず組立のみおこなうサブアセンブリ型モジュールである。以前はサプライヤーに組立を外注していたが、現在はフォード自身が行っている。フロントエンドモジュールもサブアセンブリ型で、以前は Collins & Aikman 社が組立を担当していたが、現在はフォード内製に変換している。ドアモジュールは、完成車工場での塗装後、ドアシェルごとベルトコンベアでサプライヤークに搬送し、Faurecia が組立を行い、再びベルトコンベアを通して完成車工場のメインラインに納

図16 ケルン工場のモジュール組立ライン

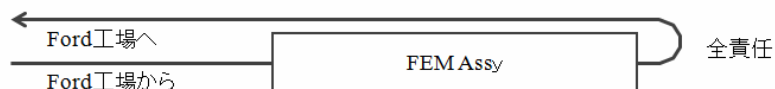
### Door Module (Faurecia組立)



### Cockpit (Collins & Aikman組立)



### Front End Module (Ford内製)



出所) 現地調査により筆者作成

図 17 ケルン工場とサプライヤーパークを繋ぐベルトコンベアの外観



出所) 筆者撮影

入される。この間の所要時間は約 3.5 時間である。

なお、欧州では、完成車メーカーとサプライヤーとの間で労務費の差が 30-40%あるといわれていたが、調査時点(2003年)では、欧州フォード(バレンシア工場)とサプライヤーとの間の労務費の差は、15-20%程度に接近していた。

#### 4-4. ダイムラークライスラー

ダイムラークライスラー(ベンツ部門)は、ドイツ国内ではもっとも最近に建設された Rastatt 工場で 1997 年からモジュール生産方式を導入している。メルセデスベンツとして、初めての米国の製造拠点となった Tuscaloosa 工場においてもモジュール生産方式を採用している。そして、スイスの時計メーカー Swatch と合併で設立した MCC の生産工場を 1998 年に Hambach (フランス)に建設し、欧州の中でも最もドラスティックなモジュール生産方式を半ば実験的に導入した。この Hambach 工場は、欧州におけるモジュール生産導入の象徴ともなったケースであるが、過去に例のない斬新な方式であったため、必ずしも当初考えられていた効果を発揮できないでいる模様である。その後、ドイツ国内では、Sindelfingen 工場においてモジュール生産方式が導入されたが、モジュールの組立はメルセデスベンツの内製が比較的多くなっており、Hambach 工場に比べると保守的なモジュール生産方式となっている。

### 4-4-1. Rastatt 工場(ドイツ)

Rastatt 工場は、ドイツ国内では最も新しい工場であり、1992年に建設された。モジュール生産方式は、1997年のA-Classの投入を機に導入された。工場の総敷地面積は147万m<sup>2</sup>、建屋面積は41万m<sup>2</sup>で、従業員数は6,707人(2005年現在)である。生産車種は、A-ClassおよびB-Classである。

Rastatt 工場の敷地内にはサプライヤーパークが設置され、9社のサプライヤーが入居している。サプライヤーの従業員数は合計で約1,200人である。フォーイン(2000)によれば、Rastatt 工場では、10種類のモジュールを導入しており、Bundy、Gillet、Alusuisseの3社は工場内作業に参加している。サプライヤーパークでは、60%の部品が東欧から調達されている。サプライヤーパーク内での部品内製率は15-20%である。1日の搬入部品量はトラック40台分で、サプライヤーパーク内で組み立てられた後、長さ85mの搬送ブリッジを通じて完成車組立工場内に納入される仕組みとなっている。

### 4-4-2. Tuscaloosa 工場(米国アラバマ州)

Tuscaloosa 工場は、メルセデスベンツ(当時)として初めての北米生産拠点であり、1997年に操業を開始した。敷地面積は約380万m<sup>2</sup>、建屋面積は29.9万m<sup>2</sup>で、従業員数は4,472人(2005年現在)である。生産車種は、M-Class、R-Class、GL-Classで、年間生産台数は173,600台である。

工場設立当時、65社のサプライヤーがM-Class向け部品の開発および製造に携わった。3分の2以上の部品が北米のサプライヤーから調達され、エンジンとトランスミッションはドイツから輸送された。現在、30社のサプライヤーがアラバマ州に立地し、120社のサプライヤーが部品供給を行なっている。

部品は基本的にすべてJIT納入となっており、品質確保のためモジュール納入が多い。25のサブアッセンブリ型モジュールで車体が組み立てられている。タクトタイムは、各工程約3分である。ドアの組立ラインは21工程あり、約30人ですべてのドアをサブアッセンブリする。車両が塗装工程を出た後、ドアを取り外し、専用サブラインで組み立てられる。インストルメントパネルは、ハーネスやメーター、オーディオなどが全て組み立てられた形で、デルファイから納入される。トラックで搬送され、10mほどのコンベアで直結されたメイン組立ラインへ直にJIT納入される。シャシーは、フレームがある構造で、サスペンションやエンジン、タンク等をローリングシャシーとしてサブアッセンブリするが、

これはコアモジュールであるためメルセデスベンツ内製となっている。この他のモジュールには、燃料タンク、チューブバンドル、天井（ハーネス、ルームランプなどをサブアッセンブリ）、タイヤ&ホイールなどがある。

#### 4-4-3. Hambach 工場(フランス)

ダイムラークライスラーの100%子会社であるMCCのHambach工場は、1998年に操業を開始した。欧州における最も大胆なモジュール生産方式を採用した工場で、壮大な実験工場ともいえる。敷地面積は約68万m<sup>2</sup>、建屋面積は約13万m<sup>2</sup>で、敷地内の総従業員数は約2,250人である。なお、MCCの従業員数は917人(2005年現在)で、残りは工場に入居するサプライヤーの従業員である。

Hambach工場では、七つの基本モジュールにより車両が組み立てられるようになっている。図18に示すように、十字型のメインラインを取り囲むようにサプライヤーが入居する建物が4つ配置されている。サプライヤーは、そこで部品の生産からモジュールの組み立てまで行い、コンベアでジャストインタイムにメインラインに供給される。コックピットモジュールについては、サプライヤーがメインライン組み付けまでも担当している。この七つのモジュールを組み付けることで、車の組立の90%が完成する。このため、1台の総組立時間が、通常の15時間から3分の1の5時間に短縮された(前掲, 2002)。

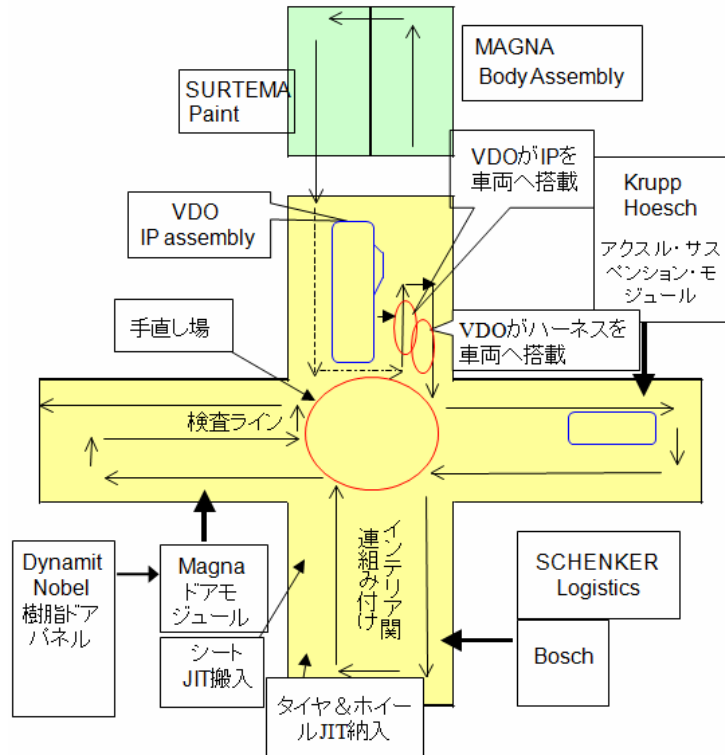
Hambach工場に入居するサプライヤーは、工場敷地および設備への投資をすべて自社の責任で行なっている(池田, 2004)。また、サプライヤーは、モジュール開発の初期段階から開発に参加しており、設計から生産までを一括して請け負っている。さらに、サプライヤーは、納入部品の品質、コスト、2次サプライヤーの選定・管理についても責任を負うこととなっている。なお、Hambach工場の土地、建物、設備はMCCの所有となっており、サプライヤーは土地および建物については入居料などの支払い義務はないが、設備については使用料を支払うことになっている(Sako, 2005)。また、同じ敷地内にあるため、サプライヤーとMCCの給料の格差はほとんどない(下川, 武石, 2001a)。

Hambach工場の、モジュールサプライヤーは、それぞれDynamic Nobel社(プラスチックパネル)、Siemens VDO社(コックピットモジュール)、Magna社(車体溶接、ドア)、Eisenmann社(車体塗装)、Bosch社(フロントエンドモジュール)、Krupp Hoesch社(エンジンマウント)、Meritor社(ルーフモジュール)となっている(フォーイン, 2000)。

このようにモジュール部品の開発・設計、生産、構成部品の調達を大幅にサプライヤー



図 18 Hambach 工場のレイアウト



出所) 池田 (1997) と筆者現地調査及び各種情報を追加

にアウトソースすることにより、MCC は経営資源を商品企画、スタイリング、最終組立、販売・アフターサービスといった機能に集中できるようになっている。

しかし、Hambach 工場の計画生産台数は、当初は年間 20 万台であったが、その後 5 年間目標到達できず、年産 13.5 万台に計画変更した。サプライヤーには最低 20 万台分の調達を保証しており、この台数を下回った場合は補償支払いを約束していたため、2000 年に、サプライヤーに対して 5.36 億ユーロが支払われた (池田, 2005)。

## 5. 欧米メーカーのモジュール戦略の評価

### 5-1. モジュール生産方式の展開分析

前節では、モジュール生産の特徴を工場ごとに個別にとりあげたが、ここではモジュール工場の様式と導入時期を時系列に比較することで、各メーカーのモジュール戦略の展開

についてその考え方を考察したい。

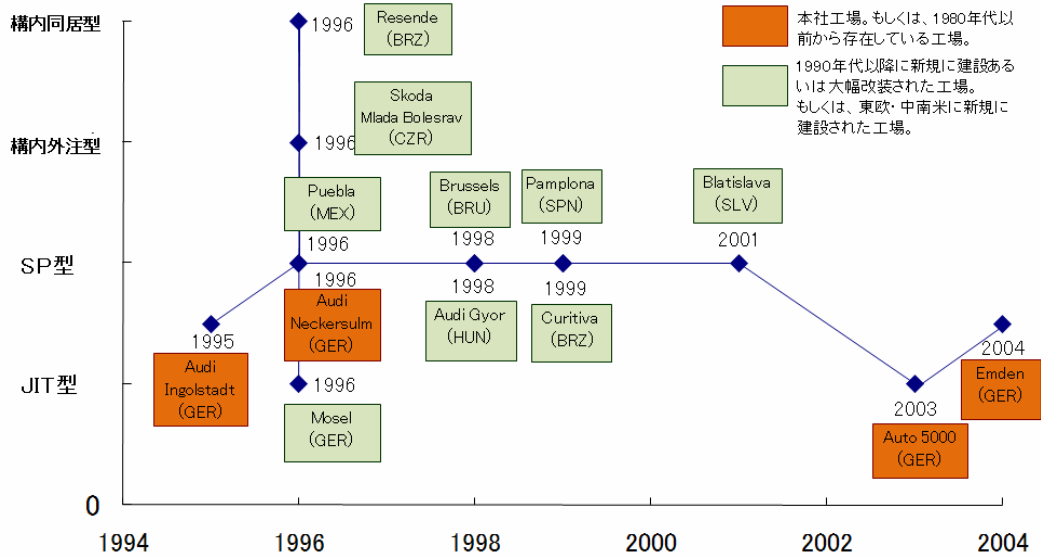
### 5-1-1. VW グループ

VW グループは、モジュール納入による物流効率化に加え、特にドイツ国外における迅速な生産能力拡大を可能にするため、サプライヤーパーク方式や構内外注方式、構内同居方式を採用している。図 19 は、VW グループにおけるモジュール生産方式の様式と導入時期の対応関係である。

VW グループの特徴は、アウディを除き、まずドイツ国外の新興工業国においてモジュール生産方式が試行された後、ドイツ国内の本社工場（Emden 工場、Wofsburg 工場内の Auto 5000）に JIT 型と組み合わせる形で、サプライヤーパーク型のモジュール生産方式が導入されている点である。その背景として考えられるのは、同グループの成長戦略に従った急速な生産能力の拡大を果たす必要があったこと、ドイツ国内の製造コストが上昇する一方、冷戦の終結に伴い労務費や工場建設費などが低い旧東ドイツ地域や東欧諸国の市場経済化が進展してきたこと、しかし自動車生産に不可欠な技術力の高いサプライヤーの集積が十分でなく、品質の確保や部品供給体制の整備が必要であったこと、などがあげられる。安い労働コストを活用し、なおかつ品質確保や部品の JIT 供給を可能にするため、東欧諸国をはじめとする新興生産拠点では、大規模なモジュール生産方式を導入したと考えられる。

もうひとつの特徴は、モジュール方式導入の初期においては、JIT 型、サプライヤーパーク型、構内外注型、構内同居型といった多様な方式が採用されたが、その後サプライヤーパーク型へと収斂していったことである。構内同居型は、サプライヤーが敷地内に部品生産工場や加工ラインを建設する方式であるため、入居サプライヤーに品質やコスト競争力の面で問題が生じた場合でも、サプライヤー変更の面で他の方式に比べ柔軟性が低い。構内外注型の場合、サプライヤーは、完成車工場内に固定的な設備を持たないため、サプライヤーの切り替えコストは比較的小さい。しかし、サプライヤーが組み立てるとはいえ、モジュール組立ラインを完成車工場内に持つことになるため、工場内にモジュールの構成部品を搬入し、ストックするスペースと仕組みが必要である。サプライヤーパーク型では、モジュールは完成車工場の外部（＝サプライヤーパーク）で組み立てられるため、完成車工場の内部はより簡素なものにすることが出来る。しかし、後述するように、モジュールのような大きな部品をコンベアシステムなどで搬送するためには、コンベア自体の建設に

図 19 VW グループの主要モジュール工場の展開



出所) 筆者作成

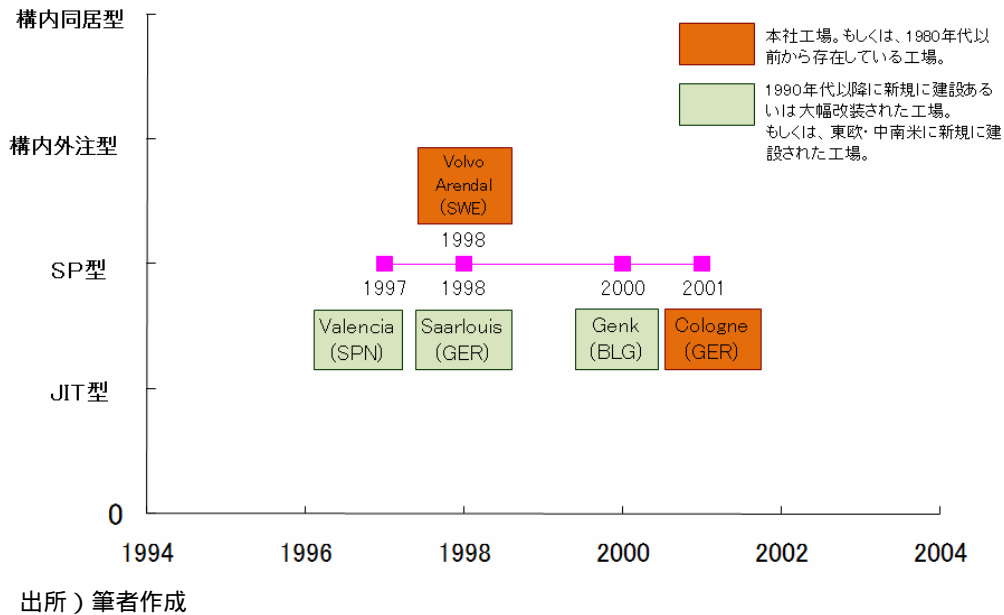
多大なコストがかかるうえ、モジュールを固定する専用治具や検具の開発が必要となり、必ずしもコスト削減が実現されるとは限らない。

こうしたことから、Auto 5000 や Emden 工場といった最近改築されたモジュール工場では、サプライヤーパーク方式を全面的に採用するのではなく、JIT 方式を組み合わせると同時に、一部のモジュールは内製化に戻すなどして、慎重にモジュール生産方式に修正をかけている模様である。

### 5-1-2. 欧州フォード

欧州フォードの場合、サプライヤーパークを梃子にしたロジスティクスの改善を重視しているように思われる。完成車工場の隣接地に地元政府の支援を得て、大規模なサプライヤーパークを建設し、コンベアシステムで完成車工場のメイン組立ラインとモジュール工場を連結する。そして、サプライヤーパークで組み立てられたモジュールを JIT あるいは JIS でメイン組立ラインに供給する方式を採用している。そして、この方式を統一的に各

図 20 欧州フォードの主要モジュール工場の展開



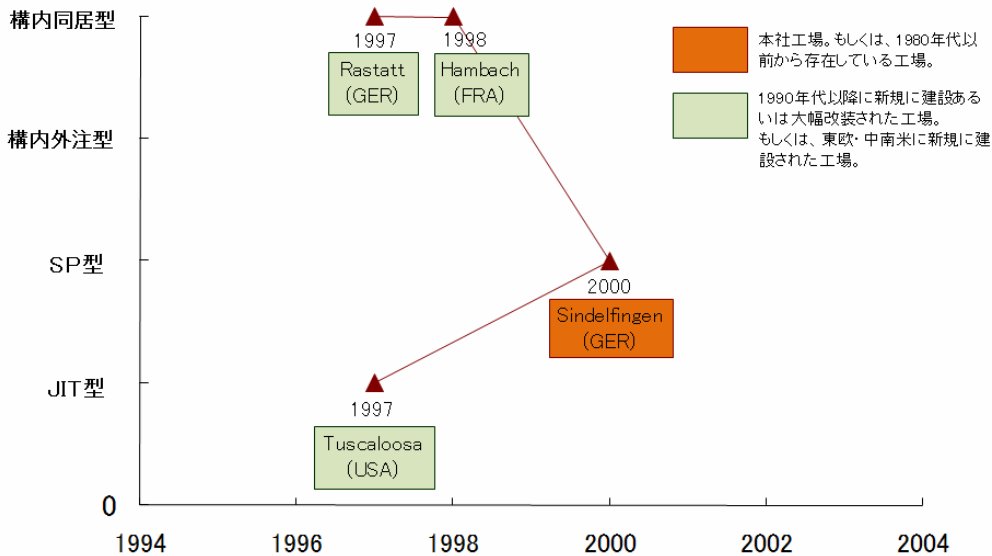
工場に展開している。

図 19 は、欧州フォードの主要工場におけるモジュール生産方式の様式と導入の時期をマッピングしたものである。バレンシア工場の設立は 1976 年、Saarlouis 工場は 1970 年、Genk 工場は 1964 年、ケルン工場は 1931 年と、いずれも設立時期は古く、長い歴史を誇っている。しかし、1997 年の Focus の投入を契機に、バレンシア工場（スペイン）で大規模なサプライヤーパーク型によるモジュール生産方式を導入した。その後、1998 年にドイツの Saarlouis 工場、2000 年にベルギーの Genk 工場、そして 2001 年にドイツのケルン工場に同様のサプライヤーパーク型のモジュール生産方式を導入した。欧州フォードの場合、ドイツ国外の生産拠点からモジュール生産方式を順次開始し、最後に最も歴史の古い本社工場（ケルン工場）に導入が図られている。

### 5-1-3. ダイムラークライスラー(ベンツ部門)

図 21 は、ダイムラークライスラーにおける主な製造拠点のモジュール方式の様式と導入

図 21 ダイムラークライスラー（ベンツ部門）の主要モジュール工場の展開



出所) 筆者作成

時期を示している。同社の場合、新しいカテゴリーに属するような新製品の生産や米国といった新天地での生産において、モジュール生産方式を導入している。

MCC の Hambach 工場では、構内同居型によるモジュール生産の壮大な実験を行い、自動車生産システムの新境地開拓を試みた。しかし、Hambach 工場の大胆なモジュール生産方式は、現在までのところ意図した効果をあげるには至っていないようである。

A-Class を生産する Rastatt 工場においても、構内同居型のモジュール生産方式を採用している。A-Class は、高級車セグメントを主戦場とするメルセデスベンツが、市場規模の大きな小型車セグメントへ初めて進出を図るための戦略的車種と位置づけられる。A-Class はメルセデスベンツらしい高品質や高性能を維持する一方、小型車としての経済性が求められ、低価格車を生産するための生産システムが必要であった。Rastatt 工場における構内同居型のモジュール生産方式の導入は、そのひとつの解であったと考えられる。

北米での初の製造拠点となった Tuscaloosa 工場では、新天地での品質確保がモジュール生産方式導入の重要な原動力となったと考えられる。

それに対し、従来からの主要モデルを生産するドイツ国内の工場では、性急なモジュール生産方式の導入はなされていない。ドイツの Sindelfingen 工場では、2000年に新型 C-Class

の投入を機に、工場敷地内にサプライヤーパークを設置し、主要なモジュール部品やトランスミッションなどが組み立てられ、最終ラインに搬入される方式が導入された。この内、フロントエンド、ドア、コックピットはダイムラークライスラーの内製で、シートモジュールは Lear 社への外注となった（池田, 2005）。フロントエンドモジュールは、内製か外注かで競争となったが、結局はメルセデスベンツで生産能力が過剰になることや物流費用の上昇を考慮して内製に決定された。

このように、ダイムラークライスラーにおいては、新規の車種や新天地での生産においては、比較的大胆なモジュール生産方式が試みられる一方、ドイツ国内の生産拠点においては従来からの生産方式が継続される傾向が見てとれる。

## 5-2. コスト分析

欧米メーカーによるモジュール生産は、モジュールの組み立てを労働コストの低いサプライヤーに大幅にアウトソースすることにより、固定費の削減を図ることが特徴のひとつといわれている。しかし、30-40%といわれる完成車メーカーとサプライヤーの賃金の格差は、完全に無くなるまでも、いずれ縮小していく。とりわけ、構内外注型や構内同居型では、同じ工場内で類似の作業をしていながら、完成車メーカーとサプライヤーとの間で大きな賃金格差が存在するという事は、労働者にとって受け入れ難い。事実、構内同居型の VW Resende 工場（ブラジル）では、工場内の従業員の賃金や福利厚生は同一水準が保証されていること（フォーイン, 2000）、同じく MCC Hambach 工場でもサプライヤーと MCC の賃金格差はほとんどないこと（下川, 武石, 2001a）が報告されている。このことはサプライヤーパーク型でも同様で、完成車工場とサプライヤー工場の近接性が高まるほど、賃金格差の縮小圧力は高まると考えられる。

表 3 は、ある欧州自動車メーカーのインパネモジュール（Instrument panel module）のコスト構造を分析した結果を示している。このモジュールは、いわゆるサブアッセンブリ型で、モジュールの構成部品の設計には大きな変更を伴わず、サブラインにおける構成部品のアッセンブリの単位を大きくして、自動車メーカーに納入するタイプのモジュールである。表 3 を見ると、インパネモジュールの外注化により、製造労務費の製造部門（直接工、工場内物流）と同じく間接部門の職場管理・検査部門（自動車メーカー側）でコストが減少している。しかし、部品メーカー側の職場管理・検査部門はコストアップする。また、新規の検査員費用や運搬費用といった部品管理費や販売管理費が上昇してしまう。その結果、

自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

表3 サブアッセンブリ型モジュールの外注化によるコスト削減効果（IP モジュールの事例）

|     | 定量化可能効果 |        | 対象                 | コスト |
|-----|---------|--------|--------------------|-----|
| 変動費 | 製造労務費   | 製造部門   | 直接工                | 低減  |
|     |         |        | 工場内物流              | 低減  |
|     |         | 間接部門   | 職場管理・検査部門（自動車メーカー） | 低減  |
|     |         |        | 職場管理・検査部門（部品メーカー）  | 増加  |
|     | 製造経費    |        | 製造部門・共通部門          | --  |
|     | 材料費     | 購入品コスト | 部品メーカー             | --  |
|     |         |        | Vender Tooling     | --  |
|     | 物流費     | 工場間物流  | 製造拠点～部品庫           | --  |
|     | 一般管理費   | 部品管理費  |                    | 増加  |
|     | 管理販売費   |        | 部品メーカー増分           | 増加  |
| 固定費 | 設備費     | 製造部門   | 組立、治具、検具（自動車メーカー）  | --  |
|     |         |        | 組立、治具、検具（部品メーカー）   | --  |
|     | 開発部門費   | 設計工数   | 担当設計（自動車メーカー）      | --  |
|     |         |        | 担当設計（部品メーカー）       | --  |

出所）筆者等の分析による

コストの低下分と上昇分が相殺され、全体ではコスト削減効果はほとんど出ていない。

それに対し、ある日本メーカーの機能統合型のコックピットモジュールのコスト構造を分析した結果が表4である。機能統合型とは、サブアッセンブリする部品の設計を見直すことにより部品を機能的に統合したり、モジュールの構造を簡略化したりするモジュールである。機能統合化の結果、このコックピットモジュールでは、製造労務費（自動車メーカー側）、製造経費、材料費、開発部門の設計費（自動車メーカー側）が低減した。それに対し、部品メーカー側の製造労務費の一部（職場管理・検査部門）、部品管理費、管理販売費（部品メーカー増分）、開発部門の設計費（部品メーカー側）が上昇した。結果的に、全体では10-15%のコスト削減を実現している。日本では、自動車メーカーと部品メーカーの間の賃金格差は欧米ほど大きくないが、機能統合化により部品点数や組立工数が削減されたことにより、モジュール生産に必要な工数が減少したことが、製造労務費の低減に繋がっている。

欧米メーカーのモジュールは、傾向として日本メーカーよりも構成要素が多く、大きなモジュールとなっているが、構造的にはサブアッセンブリ型が主流となっている。これまで、欧米のモジュール生産方式で実現されてきたコスト削減は、サプライヤーの低賃金や

表4 機能統合型モジュールのコスト削減効果（CPMの事例）

|     | 定量化可能効果 |        | 対象                 | コスト |
|-----|---------|--------|--------------------|-----|
| 変動費 | 製造労務費   | 製造部門   | 直接工                | 低減  |
|     |         |        | 工場内物流              | 低減  |
|     |         | 間接部門   | 職場管理・検査部門（自動車メーカー） | 低減  |
|     |         |        | 職場管理・検査部門（部品メーカー）  | 増加  |
|     | 製造経費    |        | 製造部門・共通部門          | 低減  |
|     | 材料費     | 購入品コスト | 部品メーカー             | 低減  |
|     |         |        | Vender Tooling     | 低減  |
|     | 物流費     | 工場間物流  | 製造拠点～部品庫           | --  |
|     | 一般管理費   | 部品管理費  |                    | 増加  |
|     | 管理販売費   |        | 部品メーカー増分           | 増加  |
| 固定費 | 設備費     | 製造部門   | 組立、治具、検具（自動車メーカー）  | --  |
|     |         |        | 組立、治具、検具（部品メーカー）   | --  |
|     | 開発部門費   | 設計工数   | 担当設計（自動車メーカー）      | 低減  |
|     |         |        | 担当設計（部品メーカー）       | 増加  |

出所）筆者等の分析による

地元政府からの補助金に依存した部分が多い。今後、サプライヤーとの賃金格差が縮小していく可能性を考えると、現状のままでのモジュール生産方式では、持続的なコスト削減効果があるかは疑問が残る。

## 6. むすび

1990年代半ばから積極的に進められた欧州メーカーによるモジュール戦略は、2000年代に入り一段落し、現在はその成果と課題の見直しの時期に来ている。

欧米メーカーに共通して見られるのは、モジュール化を契機として、部品の内外製区分を抜本的に見直すと共に、部品のロジスティクスを変革することにより、メイン組立ラインの簡素化、ラインサイドの在庫圧縮、組立労務費の低減、部品物流費の削減を通じて、コスト削減を図るという点である。また、サプライヤーパークの建設に当たっては、地元政府が用地建設やインフラ整備において多大な公共投資を行っている点も欧州や南米の特徴である。

ただし、モジュール生産方式の使い分けや各地の生産拠点への展開方法などは、自動車メーカーによって様々な様相を見せている。一口に欧米メーカーのモジュール戦略といっ



## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

てもそのあり方は一様ではない。

モジュール生産方式のひとつの課題は、モジュールの内外製区分やサプライヤーとの取引関係のあり方といった工場ガバナンスの最適化である。例えば、VW グループでは、モジュールの設計構造的には共通化を図る一方、現地のサプライヤー集積や物流効率、地域の雇用や組合との契約上の様々な制約を考慮し、工場ごとに違った内外製戦略を取るなどして、賢くモジュール化を進めている。一方で、モジュール開発や組立の安易なサプライヤー移管は、当初の狙いのコスト削減すら実現できず、またサプライヤー変更などの柔軟性も欠き、失敗ともいえる状況も見受けられた。

もうひとつの課題といえるのは、モジュール自体の設計最適化である。モジュールの構造は、年々大きく複雑になる傾向がある。とくに欧州の自動車メーカーでは、より多くの構成部品を抱き込んだ大きなモジュールが開発されている。しかし、第5節のコスト分析で示した通り、既存の部品を組み付けただけのサブアセンブリ型モジュールでは、十分なコスト削減ができない。サプライヤーの低賃金や地元政府からの補助金などに依存せずコスト削減を図るためには、部品機能の統合化によるモジュール構造の最適化が求められる。そのためには、モジュールをどんな単位にまとめ、そのインターフェースをどこにどのように設けるかといったパーティショニング (partitioning) の最適化、そして部品を機能のおよび構造的に統合するための製造技術や素材技術のブレークスルーが必要である。<sup>7</sup>あるいは、モジュール化を有効に活用して、家電製品やコンピュータで実施されて大きな効果を生んでいる、下から順にブロックで積み上げ、一方向に組み立てることを狙った車体構造の革新など、アーキテクチャ革新に向けた技術開発も進められている。

さらに、今後の展開として、受注生産と連動したマスカスタマイゼーションを進めるとなると、部品の設計モジュラー化が必要となってくる。現在のモジュールは、一部を除き、生産モジュールが中心で、構造の統合化は進んでいるが、機能完結化やインターフェースの標準化は図られていない。しかし、マスカスタマイゼーションを実現するためには、多様な顧客ニーズに対応できるように自由な組合せを可能にする設計モジュラー化を図る一方、モジュールレベルでの大量生産により、コスト低減を図る必要がある。こうしたモジュールの設計構造やパーティショニングの見直しは、クルマ全体の設計構造や生産システ

<sup>7</sup> 例えば、マツダでは、機能統合型モジュールを実現したブレークスルー技術として、ガラス繊維強化樹脂 (GFPP) の開発があった。強度が高く、成形性にも優れた樹脂素材をモジュール基材として、各種の部品を一体成形することにより、部品点数の大幅な削減、軽量化、組立工数の削減などが実現された。

ムの全体像を把握している完成車メーカーでなければ実現が難しいため、モジュールの開発・生産が再び内製化に向かう可能性も考えられる。

いずれにしてもモジュール化は、一時期、欧州で盛んにいわれていたアウトソーシングによる原価低減やリソース節約のブームから、設計構造やパーティショニングの最適化を基本とした設計、生産革新に向けて新たな段階に進みつつあるといえる。

## 参考文献

- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2000). *Design rules: The power of modularity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Collins, R., Bechler, K., & Pires, S. (1997). Outsourcing in the automotive industry: From JIT to modular consortia. *European Management Journal*, 15(5), 498-508.
- Donnelly, T., Morris, D., & Donnelly, T. (2006). Modularisation and supplier parks in the automotive industry. *Cahier CIME*, 37, 1-17.
- Fixson, S. K. (2002). *The multiple faces of modularity: An analysis of a product concept for assembled hardware products*. (Working Paper, February). International Motor Vehicle Program.
- Fixson, S., & Sako, M. (2001). *Modularity in product architecture: Will the auto industry follow the computer industry?* Paper presented at the IMVP Fall meeting 2001.
- フォーイン (2000) 『グローバルサプライヤーの世界再編とモジュール/システム化動向』フォーイン.
- Frigant, V., & Lung, Y. (2002). Geographical proximity and supplying relationships in modular production. *International Journal of Urban and Regional Research*, 26(4), 742-755.
- 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一 編 (2001) 『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣.
- Helper, S., MacDuffie, J. P., Pil, F., Sako, M., Takeishi, A., & Warburton, M. (1999). *Modularization and outsourcing: Implications for the future of automotive assembly*. (Working Paper, No. w-0211a). International Motor Vehicle Program.
- Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35, 9-30.
- 池田正孝 (1997) 「欧州自動車メーカーの部品調達政策の大転換」『中央大学経済研究所年報』28, 219-267.
- 池田正孝 (2002) 「サプライヤーへの権限移管を強める欧州のモジュール開発: Faurecia の取り組み

## 自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題

- 事例」『豊橋創造大学紀要』6, 43-58.
- 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.
- 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』(1章). 中央大学出版部.
- 岩城富士大 (2003) 「自動車業界におけるモジュール化の現状とマツダの機能統合型モジュールへの取り組み：VE と軽量化を目指して」『バリュー・エンジニアリング』215, 1-7.
- Kinutani, H. (1997). Modular assembly in mixed-model production at Mazda. In K. Shimokawa, U. Jürgens & T. Fujimoto (Eds.), *Transforming automobile assembly* (pp. 94-108). Berlin: Springer.
- Larsson, A. (2002a). Effects of globalisation and modularization: The changing geographical structure of the domestic supplier-system of Volvo Automotive in Sweden. *Actes du GERPISA*, 34, 767-784.
- Larsson, A. (2002b). The development and regional significance of the automotive industry: Supplier parks in Western Europe. *International Journal of Urban and Regional Research*, 26(4), 49-63.
- 前間孝則 (2002) 『トヨタ vs. ベンツ vs. ホンダ 世界自動車戦争の構図』講談社.
- McAlinden, S. P., Smith, B. C., & Swiecki, B. F. (1999). The future of modular automotive systems: What are the economic efficiencies in the modular assembly concept? *Michigan Automotive Partnership Research Memorandum*, 1, 1-31.
- 三上則文, 高岡久仁夫, 森田士朗, 片岡 健, 金田匡弘, 井上雅弘, 他 (2005) 「欧州版新型コルトにおける新技術開発」『三菱自動車テクニカルレビュー』17, 35-39.
- 目代武史 (2005) 「広島地域における自動車部品モジュール化の動向と地場部品メーカーの対応」『地域経済研究』16, 3-19.
- 延岡健太郎 (2006) 『MOT [ 技術経営 ] 入門』日本経済新聞社.
- Ramalho, J. R., & Santana, M. A. (2002). VW's modular system and workers' organization in Resende, Brazil. *International Journal of Urban and Regional Research*, 26(4), 756-766.
- Sako, M. (2002). Modularity and outsourcing: The nature of co-evolution of product architecture and organization architecture in the global automotive industry. In A. Prencipe, A. Davies, & M. Hobday. (Eds.), *The business of systems integration* (chap. 12). New York: Oxford University Press.
- 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>
- 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>
- Sako, M., & Murray, F. (1999). Modular strategies in cars and computers. *The Financial Times*, (1999, December 6).
- 柴田友厚, 玄場公規, 児玉文雄 (2002) 『製品アーキテクチャの進化論』 白桃書房.
- 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』 37(4), 121-150.
- 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』 38(3), 55-71.
- 武石彰 (1999) 「自動車産業におけるモジュール化、システム化の動向について」 (Working Paper No. 99-05) 一橋大学イノベーション研究センター.
- 武石彰, 藤本隆宏, 具承桓 (2001) 「自動車産業におけるモジュール化：製品・生産・調達システムの複合ヒエラルキー」 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一 編 (2001) 『ビジネス・アーキテクチャ』 (4章). 有斐閣.
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24, 419-440.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2002). *Product design and development* (2nd ed.). Boston: McGraw-Hill.
- 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.
- Zagnoli, P., & Pagano, A. (2001). Modularization, knowledge management and supply chain relations: The trajectory of a European commercial vehicle assembler. *Actes du GERPISA*, 32, 45-64.

**赤門マネジメント・レビュー編集委員会**

編集長 新宅 純二郎

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

**赤門マネジメント・レビュー 6巻12号** 2007年12月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 高橋 伸夫

東京都千代田区丸の内

<http://www.gbrc.jp>