

論文・解説

22

# マツダの機能統合型モジュールへの取り組み

## State of Modularity and Mazda's Functional Integration Module

影山 和宏\*1 唐澤 正人\*2  
Kazuhiro Kageyama Masato Karasawa

### 要 約

1990年代前半，欧州では組み立てのアウトソースによるコスト削減を狙いとして，モジュール化が盛んとなった。マツダではそれ以前から多品種少量生産に対応すべく独自のモジュール化を行ってきた。そして2002年5月発売のアテンザ以降，デミオ，RX-8，アクセラの4車種に開発初期段階から部品の統廃合や共用化等，構造の合理化を取り込んだ「機能統合型モジュール」を新しく導入，コスト削減，軽量化，商品性の向上に大きく貢献している。

本稿では，機能統合型モジュールの成果を中心にマツダにおけるモジュール化への取り組みを述べる。

### Summary

Modularity became active in Europe in the first half of 90's for the purpose of achieving cost reductions by the outsourcing of assembly processes. Mazda, on the other hand, had been promoting its own modularity before then in order to compensate for differences in MP volume from competitors by means of wide-variety/low-volume production. "Functional integration module" that can realize architectural rationalization through parts consolidation and commonality activities from the earliest stage of development has been newly introduced into four models: Demio, RX-8, and Axela following Atenza released in May 2002, and has greatly contributed to high merchantability and cost and weight reductions.

This paper introduces Mazda's approach to the modularity, focusing on the outcome of the functional integration module.

## 1. はじめに

1990年代前半，欧州では，組み立てのアウトソースによるコスト削減を狙いとして，モジュール化が盛んとなった。マツダにおけるモジュール化の歴史は古く，それ以前から多品種少量生産に対応すべく独自のモジュール化を行ってきた。そして，2002年5月発売のアテンザから，新しく「機能統合型モジュール」を導入，効果をあげている。

以下に，自動車業界におけるモジュール化の状況なども交えながら，マツダにおけるモジュール化への取り組みを紹介する。

## 2. モジュールの定義・分類

### 2.1 モジュールの定義

マツダでは，「メインアセンブリラインに一つのユニットとして供給される部品の集合体」をモジュールの定義としている。モジュールをカーメーカーで組み立てるのか，サプライヤに組み立てをお願いするのかに関わらず，一つのユニットとすることをモジュール化と呼んでいる。

具体的に図で説明する。Fig.1の上側がモジュール化以前の組み立てラインを表したもので，すべての部品がメイン組み立てラインで組み付けられている。そのために長いラインが必要となり，また多種混流生産に対応しにくい。例えばマツダではデミオとRX-8とが同じ組み立てラインで

\*1, 2 プロセシリエンジニアリング部  
Process Re-Engineering Dept.

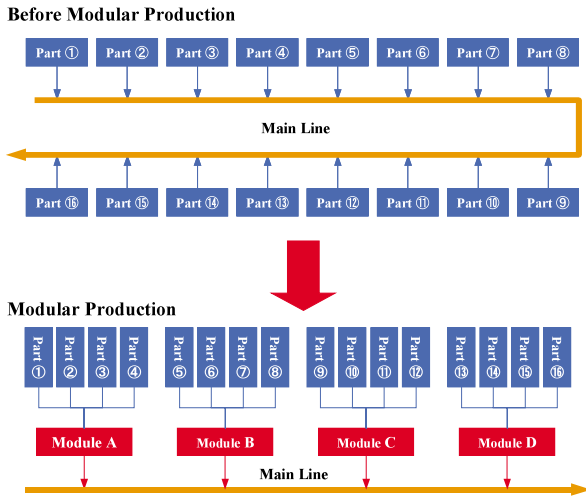


Fig.1 Module Assembly Line

生産されているが、組付ける部品点数に差があるため、部品点数が多い車種に合わせて組み立てラインを編成すると、部品点数が少ない車種が流れてきた時には手待ちの作業が生じ、非常に生産効率の悪いラインになってしまう。

これを改善し、メイン組み立てラインを平準化するために導入されたのがモジュール化である。Fig.1の下側に示すように、メイン組み立てラインに投入する前に、いくつかの部品をユニットとしてかたまりにしておくことで商品仕様の差をサブラインで吸収することができ、メインラインが短縮され、混流生産時の平準化も容易にできるようになった。このユニット、かたまりをモジュールと呼び、マツダでは、ボデー系で12、PT&シャシー系で7、合計19のモジュールを定義している (Fig.2)。

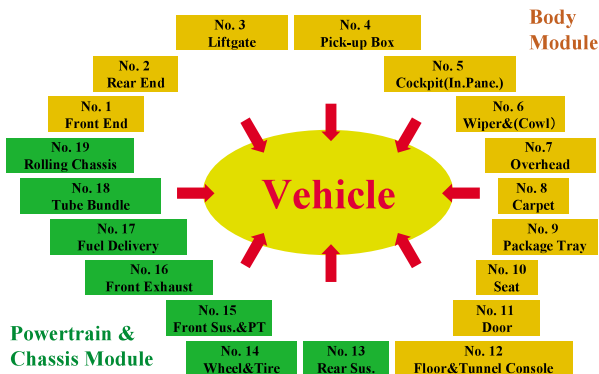


Fig.2 Major 19 Modules

2.2 モジュールの分類

次にモジュールの分類について述べる。現在マツダはモジュールを2種類に分けて考えている。

① サブアセンリー型モジュール

部品の形を変えることなく、単にサブラインであらかじめ組み立ててからメインラインに供給するものである。欧米ではカーメーカとサプライヤとの労務費の差から、組み立てをアウトソースすることで固定費を下げることを狙いとして行われているが、日本では労務費に大きな差がなく、

生産の効率化を狙いとして、カーメーカによる社内組み立てが多く見られる。

② 機能統合型モジュール

レイアウト上、近くにある部品群を一つの単位にとらえ、機能、形態なりの分析を行い、部品間の機能統合や部品廃止などのVE (Value Engineering) によって、大幅なコスト削減効果を期待するものである。

3. マツダのモジュール戦略

3.1 モジュール化に取り組む背景

今後の自動車業界を動かす主要項目の一つに中国や東欧といった新興国での新車需要の大幅な伸びが挙げられ、これにともない競争の激化が予想される。

更に、自動車業界が直面する課題として、年々厳しくなる環境規制や安全性へのニーズへの対応がある。

このような状況のもと、競争力を維持していくためには、商品力を上げ、環境や安全のニーズに応えとともに、車両価格は下げていくといった大きな課題を乗り越えていかなければならない。

そこでカーメーカはその原資を確保するために、全社を上げてコスト削減活動を行っている。マツダにおいても「業界最適コストの達成」を目指すABC (Achieve Best Cost) 活動に取り組んでいる。

そのABC活動の一つの手段が「機能統合型モジュール」である。機能統合型モジュールによるコスト削減の概念を表したものをFig.3に示す。図中A, B, C, Dは各部品のコストを表している。従来のコスト削減活動はA A', B B' といったように部品単位で行われているが、更なるコスト削減を目指し、いくつかの部品 (A ~ D) をまとめて「モジュール」という視点でコスト削減を検討することで、例えばCとDという部品を機能統合して一体化することでC' という部品になり、大幅なコスト削減が可能になる。そのときに、モジュールによっては、サプライヤにそのモジュールを開発委託することで、開発費 (OH) が多少増えても、トータルではコストが削減されている、というのが「機能統合型モジュール」の狙いである。

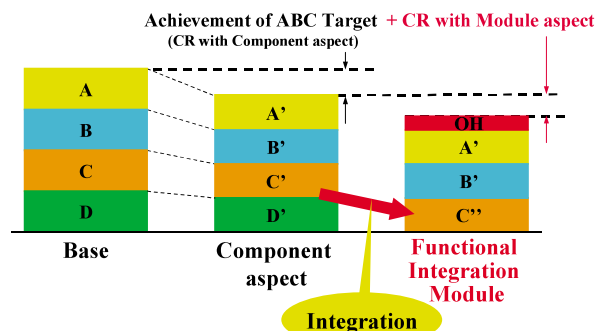


Fig.3 Effect Image on Cost Reduction

3.2 マツダのモジュール戦略

以上のような背景を踏まえ、マツダでは次の3点をモジュール戦略として掲げて活動している。

① 機能統合型モジュールに重点

モジュールは目的ではなく、コストを下げるための手段として使うというのがマツダの思いである。そのためには、コスト低減のオポチュニティが大きい機能統合型モジュールに重点をおくということが第一の戦略である。

② モジュールアセンブリーラインの最適化の実施

モジュールの組み立てをいつまでもカーメーカが行うのか、あるいはサプライヤに委託するのか、あるいは外部の労働力を使うのかということを含めたサブアセンブリーラインの最適化を行う。

③ B2O (Build to Order) への対応

自動車一台一台をお客様の好みに応じてカスタマイズする、いわゆる受注生産に対応できるような新しいスタイルのモジュール構造の技術開発を行う。

4. 自動車業界におけるモジュール化の現状

4.1 欧米におけるモジュール化の現状

Fig.4は1998年、アメリカの部品工業会と日本の自動車工業会とで「モジュール化が今後の車についてどういうインパクトを与えるか」について論議した内容をもとに、マツダが2002年時点の欧米一部自動車会社のモジュール化状況をまとめたものである。縦軸はカーメーカ、横軸が主要なモジュールになっている。ここに「Yes」と付いているところがモジュール化されている部分だが、欧米の場合、このYesは基本的にサプライヤが組み立てを行うということの意味している。欧州においては、近年更にアウトソーシングが拡大してきている。

	Cockpit	Front End	Tail Gate	Door	Fr/Rr Sus	Roof
VW	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes
AUDI	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes
BENZ	Yes		Yes		Yes	Yes
MCC	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
GM	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes
Ford	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes

Fig.4 Modular Status of EU/US

欧米におけるモジュール生産工場の形式だが、これには4つのタイプがあると考えている。

① ジャスト・イン・タイム型

トラックでモジュールを運び込む形式である。アウディのインゴルスタッド工場、メルセデスのタスカロッサ工場などがこのタイプである。

② サプライヤパーク型

カーメーカの工場のすぐそばに、モジュールを組み立て

るサプライヤの工場があり、そこで組み立てたモジュールをカーメーカの工場に連結されたベルトコンベヤで運び込むタイプで、最も多く見られる。代表事例としてはフォードのザールレイ工場、バレンシア工場がある。

③ 構内外注型

「サプライヤパーク型」を更に進め、カーメーカの工場の中で、サプライヤがモジュール組み立てラインを作り、組み立てるというものである。代表事例としてはスコダのボレスラブ(チェコ)工場がある。

④ 構内同居型

カーメーカの工場の敷地内にサプライヤの工場も作られ、部品単位からカーメーカの工場の中で製造してモジュールに組み立てるというタイプがある。スマートの生産工場がこの「構内同居型」である。最終組み立ての実に90%をサプライヤが行っている。

4.2 日本におけるモジュール化の現状

次に日本でのモジュール化動向を述べる。Fig.5はFig.4と同様に作成した、日本におけるモジュール化の状況を示した表である。

1998年の時点では、アウトソーシングという観点では、カーメーカとサプライヤ間の労賃に大きな差がないということもあって、大型のモジュールはカーメーカが組み立てているのが特徴であった。ところが、その後4年間経過して、機能統合型モジュールの導入にともない、日本でも構内外注を含め、サプライヤが組み立てるケースが増えつつある。

	Cockpit	Front End	Tail Gate	Door	Fr/Rr Sus.	Roof
TOYOTA	In-house		Supplier Assy	In-house	In-house	
NISSAN	Supplier Assy In-house	Supplier Assy In-house		In-house	Supplier Assy In-house	Supplier Assy In-house
MAZDA	In-house	In-house	Supplier Assy	In-house	In-house	Supplier Assy In-house
MITSUBISHI	In-house			In-house	In-house	In-house
SUBARU	Outsourcing Assy Module	Supplier Assy	Supplier Assy	In-house	In-house	Supplier Assy
SUZUKI	In-house			In-house	In-house	
DAIHATSU	In-house			In-house		
HONDA	In-house	In-house		In-house	In-house	

Fig.5 Modular Status of Japan

更にマツダが行った最新のベンチマークの結果では、各社とも、社内組み立てやサプライヤ組み立て、機能統合化等モジュール化を様々な方式で推進しており、モジュール化、システム化を見越した系列会社強化、グループ化等にも活発な動きが見られる。また、技術動向としては、各モジュールで対象部品範囲が拡張傾向にあり、異なる技術分野の部品の取り込みにより開発評価領域が拡大するという傾向にある。したがって、今後インテグレートには更なる総合力と、異なる技術分野をリードする能力の強化が必要になる。更に一部のカーメーカでは、コア技術へ開発リソースを集中させるためにモジュールをアウトソーシングするといった戦略もとられている。

### 5. マツダにおけるモジュール化の現状

このような状況の中、マツダのモジュール化の現状について述べる。Fig.6はマツダにおけるモジュール化の履歴を表している。マツダのモジュール化の歴史は古く、乗用車を製造し始めた時に、競合他社と比べて非常に台数が少なく、何とか他社の量産効果に少量生産で対抗しなければならぬということから、少量多品種の車を造っていた。そのような背景もあり、マツダは生産技術的に混流生産、サブアセンブリー型のモジュール生産を1970年代から欧州に先駆け独自に行っている。その後、コストを下げるモジュール化ということで、2002年5月のアテンザから新しいタイプの機能統合型モジュールを導入している。

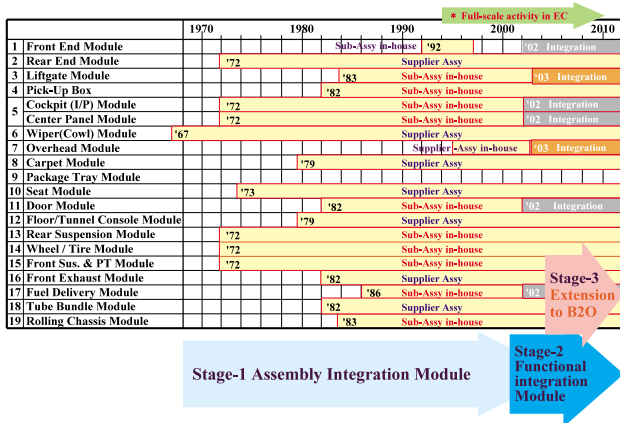


Fig.6 History of Modularity at Mazda

アテンザでは、コックピット、センターパネル、フロントエンド、フューエルタンク、そしてドアの5つの機能統合型モジュールを採用した。また、従来型のサブアセンブリー型モジュールも10種類継続しており、合計15のモジュールを採用している。

次にデミオでは、アテンザで導入した5つの機能統合型モジュールに加え、インテークモジュールを採用した。これは、エアクリーナやインテークマニホールド、エンジンコンピュータなどを機能統合したもので、約20%のコスト削減を実現している。

	Mazda6	Mazda2	RX-8	Mazda3
Front End	Functional Integration	Functional Integration	(Cooling-Sub)	Functional Integration
Rear End	x	x	x	x
Liftgate	x	x	x	x
Pick-Up Box	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cockpit (I/P)	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration
Wiper(Cowl)	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Overhead	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Carpet	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Package Tray	x	x	x	x
Seat	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Door	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration
Floor/Tunnel Console	Assembly Integration	x		Assembly Integration
Rear Suspension	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Wheel / Tire	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Front Suspension & PT	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Front Exhaust	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Fuel Delivery	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration	Functional Integration
Tube Bundle	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration	Assembly Integration
Rolling Chassis	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Modularity Total	14/19	13/19	13/19	14/19

Fig.7 Modularity of Mazda

RX-8, アクセラにおいても同様に、機能統合型モジュール、サブアセンブリー型モジュールともに水平展開を行っている (Fig.7)

また、工場別のモジュール導入状況を比較しても、どの工場もほぼ同じレベルでモジュール化が進んでいる。防府工場ではモジュール化によって、メインラインの工程数が40%削減され、作業工数も30%短縮された。また、工場の建屋面積も15%削減している。

### 6. モジュール化の効果

今回実施した機能統合型モジュール導入による効果を紹介する。マツダではモジュール化の狙いをコスト削減、軽量化、共通化、クラフトマンシップ、そして生産性の向上に置いている。

#### 6.1 コスト削減・軽量化

アテンザにおける、モジュール導入によるコスト削減および軽量化の実績をFig.8に示す。

	WR	CR	CR by integration
1. Front-End	9.8kg	25%	3%
2. Fuel-Tank	7.9kg	30%	8%
3. Door	2.3kg	21%	2%
4. Cockpit	N.A.	10%	N.A.
5. Center-panel	N.A.	30%	7%

Fig.8 Effect of Cost & Weight Reduction

まずコスト削減だが、5つの機能統合型モジュールで、10%から30%の削減を達成した。ただし、この削減額の中にはモジュール以外でのVEや購買領域のCRも含まれており、純粋に機能統合によるものがどれだけかとなると、明らかに統合化されてなくなった部品、統合化されて安くなった所だけを厳密に評価して、2%から8%ぐらいといったところである。

次に軽量化だが、5つのモジュールの合計で20kg軽くなった。軽量化と燃費改善には強い相関関係があるため、今後の環境対策、低燃費を考えると、機能統合型モジュール化による軽量化は非常に大きな武器になると考えている。

具体的なコスト削減の事例を紹介する。フロントエンドモジュールとドアモジュールでは、キャリアと呼ばれる部品にガラス繊維で強化した特殊なプラスチックを使い、射出成形で作っている<sup>(1)</sup>。

そのため成形の自由度が高く、フロントエンドモジュールでは、ラジエーター締結ブラケット、盗難防止用ブラケット、パンパ&ランプブラケット、補強用のリブなどを一体で成形し、部品点数を20点削減している。

ドアモジュールでも、インナーハンドルベース、ハーネスクリップ、ドアラッチmountブラケット、トリムブラケットなどを一体成形し、前後4枚のドアで部品点数を46点削減している (Fig.9)

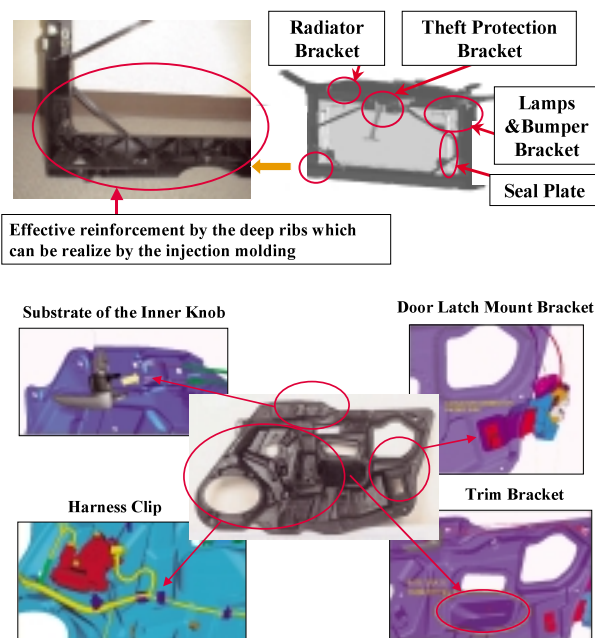


Fig.9 Front End & Door Module

また、従来のドア構造では、パワーウィンドモータやハーネスといった部品は、ドアシェルという板金部品の内側に取り付けられていた。ここは雨水などが入り込む部分で、電装部品などには防水処置が必要であった。これをモジュール化にともない取り付け位置を工夫し、水が浸入しない部分に先程の電装部品を取り付けることにした。これによって、モータやハーネスに対する防水処置が不要になったため、非防水汎用モータが使えるようになり、大幅なコスト削減が実現できた。

### 6.2 共通化・クラフトマンシップ

見栄え、操作性に関する効果をセンターパネルモジュールの事例で紹介する。従来のセンターパネル部分は、DINサイズと呼ばれる標準サイズのオーディオと空調コントロールの組み合わせでできていた。そのために部品と部品の継ぎ目部分の見栄えが悪くなっていた。また、標準サイズの中に様々なスイッチ類を配置しなければならず、操作性の悪い、小さなスイッチになってしまいがちであった。これを機能統合型モジュール化することで、センターパネルの幅いっぱいを使った継ぎ目のないデザインを実現し、操作スイッチも大きくすることができ、インテリアのイメージ革新に大きな効果を発揮することができた。

また、センターパネルモジュールでは、お客様に見える部分については、車種ごとにユニークなデザインとし、後側のCDプレーヤやCDチェンジャ、MDデッキやカセットデッキといったユニット部分は車種横断的に共通化し、

VE効果を出している。これがモジュール化による共通化メリットである (Fig.10)

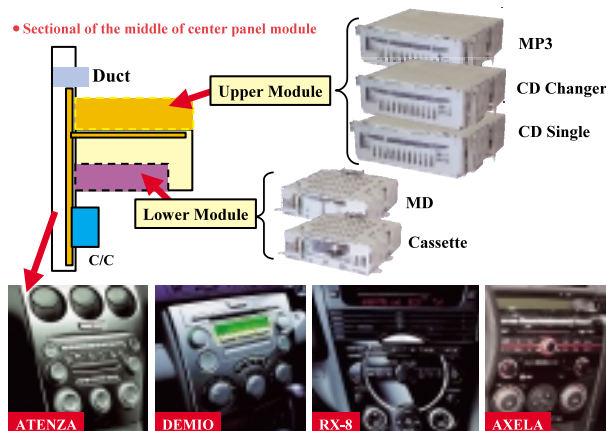


Fig.10 Craftsmanship & Commonization

### 6.3 生産性の向上

生産性の向上、エルゴノミクスの改善事例としてドアモジュールの例を挙げる。従来、機構部品を組み付ける際には、ドアシェルの中に手を差し込んで作業をせねばならず、作業者に負担のかかる姿勢で組み付けを行っていた。これを、ドアモジュールキャリアを採用することで、このキャリアにあらかじめ構成部品を取り付けておいてから、キャリアをドア本体に組み付けるというかたちにし、作業性を大きく改善することができた (Fig.11)。作業性の改善は、品質の向上にもつながっている。

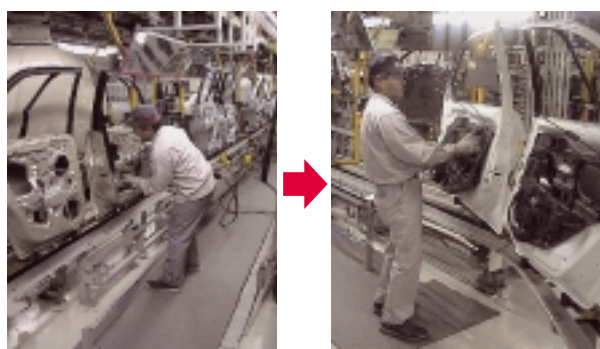


Fig.11 Improved Productivity (Door-module)

## 7. 今後の課題

最後に今後のモジュール化の課題について述べる。

### (1) 開発調達構造の変革

モジュール化というまとまった単位でものが造られるようになると、これを誰が開発して、製造するのかといった、開発、調達両面での構造の変革が必要になる。

センターパネルモジュールの事例でいうと、従来はセンターパネル、オーディオパネル、空調パネルのそれぞれを部品サプライヤが単品で開発し、製造していたが、モジュール化によって三つのパネルが一体化されると、例えば空

調のパネルを担当していた部品サプライヤは、センターパネル全体の設計ができない限り、他の部品と統合されてビジネスがなくなってしまう。そのような全体的な開発ができる幅広い技術が必要となってくる。

### (2) サプライチェーンの変革

モジュール化にともない種類が増え、大きくなるため、どこで組み立てるのかという問題が出てくる。

例えば、天井のモジュールを考えると、天井は一車種に一つしかないが、色の違い、サンバイザーの種類、盗難防止装置の有無、というように考えていくと、ある車の事例では、一車種で天井が2,880通りになる。このような場合、例えば、低価格で製造できる遠方で天井のモジュールを生産しても、部品種類が多く部品自体が大きいため、車両組立工場まで天井モジュールを輸送することが難しい。そこで、最終的には、カーメカの近くでモジュールを組み立て、ジャスト・イン・タイムで納入する必要がある。機能統合が進めば進むほどモジュールが大きくなるため、単品を製造する部分と、モジュールに組み立てる部分とが完全に分業化される。このどちらかを担当されるのか、あるいは全体の設計を担当されるのかといったように、非常にサプライチェーンが変わるだろうと考える。

そしてここでもう一ついえるのは、最終的なモジュール組み立てをカーメカのすぐそばで行わなければならないということは、必然的に地場にビジネスが残るということである。このことから、モジュール化への対応は地場産業の空洞化対策の側面を持つといえる。

このような、地場活性化、雇用対策としてのモジュール化の事例として、先程述べた、ドイツにあるフォードのザールルイ工場がある。ザールルイはかつて炭坑の町として、栄えていたが斜陽化し、州政府と第三セクターが雇用対策としてサプライヤパークを建築し、ターンキー工場としてリースしている。

この事例ほど大規模なものではないが、広島県もモジュール開発に対する助成金制度を設け、モジュール化の促進を後押ししており、今年で3年目を迎えている。これまでの採択テーマの中で、例えば、樹脂テールゲートモジュールは、マツダの次期開発車への採用が決まっただけでなく、他の自動車メカからの引き合いも多く、助成金の目的である地場サプライヤのビジネス拡大、雇用促進に大きく貢献している。

### (3) B2O (Build to Order) への対応

将来の受注生産に対応した構造や、受発注のシステムといったものが重要になってくる。

モジュールの骨格そのものは共通にしておいて、例えば、注文で若者向けの車があれば、その共通の骨格の上に若者が好むような色であり、表面処理のインパネにする。あるいは年配の方からの注文があれば、アダルト向けのシックなインテリアにする。そういった新しい内装のコンセプト

が各社から出てきており、それに対応した開発が始まるうとしている。

## 8. おわりに

近年、欧米を中心に進められている「サブアセンブリー型モジュール」に関して、量産規模のハンデを克服すべく、マツダでは20年以上も前から独自に取り組んでおり、大きな成果をあげている。そのサブアセンブリー型モジュールを進化させたものとして今回アテンザに導入したのが、開発初期段階から部品の統廃合や共用化等、構造の合理化を取り込んだ「機能統合型モジュール」である。

マツダではこれが完成形だとは考えておらず、現在、前章で述べた課題を踏まえながら、更なるコスト削減、軽量化・省電力化による低燃費化、そして情報化・テレマティクスへの対応などを狙いとして、次世代の機能統合型モジュールの開発に取り組んでいる。

モジュール化は、自動車の開発、生産、調達まで、大きなインパクトを与える有用な手段である。

最終的には、こういったコスト削減、軽量化に有用な手段を活用し、ターゲットカスタマーに対して、望まれるどんなクルマが提供できるのか、どんな喜びが提供できるかが課題と考える。マツダのプロダクトフィロソフィはこのお客様の喜びを具現化したものであり、それを支えるモジュール開発を今後も積極的に推進して行きたい。

これまで述べてきたモジュール開発は、開発、生産、購買、そしてお取引先様の多くの方々と共同で行ってきた成果である。多大なるご尽力、ご支援をいただきましたすべての方々に感謝の意を表します。

## 参考文献

- (1) 栃岡孝宏, 田中高廣, 杉本健一郎, 金子満晴, 森脇健二: 射出成形による樹脂製モジュールキャリアの開発, マツダ技報, No.20, P.108-114 (2002)
- (2) 岩城富士大: 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, 第36回全国VE大会 (2003)

## 著者



影山和宏



唐澤正人