

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

広島大学大学院社会科学研究科附属地域経済システム研究センター助手 目 代 武 史*

要 旨

本稿の目的は、広島地域の自動車産業における部品モジュール化の動向を明らかにすると共に、地場部品メーカーの対応課題を検討することである。モジュール化には、「製品設計のモジュール化」「生産のモジュール化」「組織のモジュール化」など多様な領域で適用可能であり、それぞれが独自の論理を持っている。自動車産業においては、生産のモジュール化を主な推進力としており、製品設計および組織のモジュール化は副次的なものにとどまる。調査の結果、広島地域で生産されるモジュール部品の製品設計面でのモジュラー度は必ずしも高くはないことが明らかになった。機能統合あるいは構造一体化による部品点数の削減や組立工数の削減、作業性の改善が重視されており、生産のモジュール化が推進されている。また、自動車メーカーと部品メーカーの間では、より緊密な協力関係の構築が進められており、組織のモジュール化とは逆の動きがある。今後、部品メーカーがモジュール化に対応していくためには、システム技術の獲得、部品を機能的もしくは構造的に結合する技術の開発、部品設計および企業間のインターフェースを調整する能力の向上、物流システムの改善が求められる。

キーワード：モジュール化の多面性、製品アーキテクチャ、自動車部品

1. 研究の目的

本稿は、広島地域の自動車産業を対象として、現在進行している部品のモジュール化の実態と地場部品メーカーの対応及び課題を明らかにすることを目的とする。

広島地域には、マツダ株式会社（以下、マツダ）を主要取引先とする部品メーカーの集積がある。マツダは近年、部品の「モジュール化」を積極的に進めている。同社は、2002年から2003年にかけて投入した新型車種にモジュール部品を相次いで導入し、一定の成果をあげつつある（岩城、2003）。他方、部品のモジュール化は、開発・生産のアウトソーシングを容易にするため、部品メーカーの役割にも大きな影響を与えることが考えられる

（Sako, 2002）。すなわち、部品メーカーへのより大幅な部品開発責任の移管、モジュール部品の品質保証責任の付与、それに伴う部品取引関係の再編などの動きが予想される。事実、1990年代後半から2000年代初めにかけて、広島地域では、部品取引関係の見直しや企業間関係の再編などが行われた¹⁾。

しかしながら、事実関係をよく考察してみると、それらの変化が必ずしも部品モジュール化によって引き起こされたとは判断しにくい部分がある。第一に、自動車業界におけるモジュールの概念は、コンピュータ業界などにおけるモジュールの概念とは必ずしも同じではない。後者では設計のモジュール化が進んでいるが、前者では生産におけるモジュール化の意味合いが強い。第二に、部品モジュール化がアウトソーシングを劇的に促進しているわけでもない。日本の自動車産業では、外

* 連絡先 〒730-0053 広島市中区東千田町1-1-89
TEL (082) 542-6992 FAX (082) 249-4991
Email: mokudai@hiroshima-u.ac.jp

1) 「日本経済新聞」(広島版) 2001年9月14日。

注率が約7割とすでに高い水準にあるという事情があるが、質的な面を見ても、自律分散的な水平分業関係が自動車メーカーと部品メーカーとの間で形成されるような兆候は見られない。むしろ、実際には、部品開発における両者の設計擦り合せの必要度は高まっており、より緊密な協力関係を築いている。

このようにモジュール化が進行する一方で、自動車メーカーと部品メーカーの部品取引関係はさほど変化していない。むしろ、従来から存在するサプライヤー・システムをより強化させる方向に進化しつつあるとも言える。なぜこのような事態が進行するのか、こうした動きに対し部品メーカーはどのような対応が必要なのか。

これらの疑問に答えるために、本稿では自動車部品産業におけるモジュール化の意味とその影響について、製品アーキテクチャの視点から概念的および実態的に明らかにしていきたい。

本稿の構成は以下の通りである。まず、2節において、自動車産業におけるモジュール化の意味を製品アーキテクチャの枠組みに基づいて概念的に整理する。続く3節では、マツダにおけるモジュール化について文献資料およびインタビュー調査について明らかにする。4節では、アンケート調査とインタビュー調査に基づき、広島地域の地場部品メーカーの取り組みを明らかにする。そして5節では、同地域におけるモジュール化への対応課題について議論する。最後に、6節では本研究の残された課題を整理する。

2. モジュール化の概念と多面性

(1) モジュール化の概念

本稿では、製品や生産工程などが持つシステムとしての特性を記述する枠組みとして「アーキテクチャ」という概念を用いる。

製品や生産工程は一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。また、同じ機能要素や部品をもっていても、それらのつなげ方が異なれば、システムの特長も異なってくる。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・青島編, 2001)。

モジュール化は、アーキテクチャの一つの類型と位置づけられる。すなわち、モジュール化とは、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共に、下位システム間のインターフェースを標準化するようにアーキテクチャを変換することである。こうすることにより、下位システム間の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、インテグラル型アーキテクチャである。インテグラル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。言い換えると、インテグラル型では、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。

(2) モジュール化の対象領域の多面性

概念的には、モジュラー型とインテグラル型の区別は比較的明確である²⁾。それにもかかわらず、実態的には、モジュールの概念にはしばしば混乱や誤解が多くみられる。その重要な原因の一つにモジュール化の対象領域の多面性がある。

モジュール化の対象領域の多面性は、多くの研究者により指摘されている。どの側面に注目するかは、研究者の研究目的や専門領域により違いがあるが、本稿との関連では、モジュール化の主な対象として「製品設計のモジュール化 (modularity in design)」「生産のモジュール化 (modularity in production)」「組織のモジュール化 (modular-

2) ただし、すべての製品がモジュラー型か統合型にすっきりと区分されるという意味ではない。理念型としてのモジュラー型と統合型は明確に区別可能という意味合いであり、現実の製品は、最もモジュラー的なものと最も統合的なものとの間の連続的なスペクトラムのどこかに位置づけられる。

ity in organization)」があげられる (Sako and Murry, 1999; Baldwin and Clark, 2000; 武石・藤本・具, 2001; Fixson, 2002; Sako, 2002)³⁾。

いずれの場合においても、モジュール化の論理は共通しているが、その適用対象が異なれば、モジュール化の内容や効果も変わってくる。この点は3節以降の実態分析の重要な前提となるため、以下では適用対象ごとのモジュール化の内容についてやや詳しく検討すると共に、相互の関連性を整理していく。

製品設計のモジュール化

製品設計のモジュール化とは、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言う (Ulrich, 1995; Sako and Murry, 1999; Baldwin and Clark, 2000; Ulrich and Eppinger, 2000; 藤本・武石・青島編, 2001)。言い換えると、製品設計のモジュール化では、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。

製品設計のモジュール化は、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⁴⁾。

こうしたシステムの複雑性は、構成要素の数が増えるほど、また構成要素間の結合関係が増えるほど、大きくなっていく。製品設計のモジュール化は、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働きをするのである。

第二に、製品設計のモジュール化は、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應するために、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、製品設計のモジュール化のこうした側面は、顧客の側から見れば、使用のモジュール化 (modularity in use) である。製品設計がモジュール化することにより、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

3) このうち Fixson (2002) は、「製品設計」「生産」「使用」だけではモジュール化の次元としてはまだ粗く、システム性の視点、階層性の視点、ライフサイクルの視点 (「設計」「生産」「使用」はこの下部概念である) からモジュール概念を捉えるべきだと主張している。しかし、ある人工物 (例えば、自動車やパソコンなどの製品、あるいは機械設備や組み立てラインなどの生産工程) をそのシステム性や階層性にもとづいて記述するのがアーキテクチャ概念の本質であり、システム性や階層性はアーキテクチャ概念そのものの構成要素と位置づけるのが自然である。言い換えると、システム性や階層性は、視点によって見えたり見えなかったりするものではなく、どの視点から見てもアーキテクチャ概念を構成する重要な要素なのである。他方、「設計」「生産」「使用」は、アーキテクチャ概念の異なる側面、あるいは異なる適用領域をさしており、それぞれの視点からアーキテクチャ特性を見ることが出来る。

4) 自動車用空調システムの事例は、Pimpler and Eppinger (1994) による。

ようになる。使用のモジュール化により、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。

生産のモジュール化

これに対し、生産のモジュール化とは、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（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、モジュール化していない生産工程では、一本の長いメインラインにおいて最初から順に単品部品を組み立てていって製品を完成させることになる。この場合、ある工程における作業の遅れや不良の発生は、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（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、他工程の作業は標準的なものであっても、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するなど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ール化の一つのパターンである。こうすることにより、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⁵⁾。

5) Simon (1996) の時計職人の事例は、こうした生産のモジュール化の本質を端的に描いている。ここに約

生産のモジュール化と製品設計のモジュール化との間には、一定の相関関係が見られるが、両者の関係は必ずしも一義的に決まるわけではない(図1①参照)。すなわち、モジュール型の製品をモジュール型の生産システムで生産することもあれば、非モジュール型の生産システムで生産することも考えられる。例えば、生産のモジュール化を進めた結果、製品設計の一部(すなわち部品)のアーキテクチャが統合化に向かう事例もある。例えば、マツダ社では、サブラインにおいてドアパネルにクリップやワイヤーハーネス、ウィンドレギュレータなどをサブアセンブリする形でモジュール生産していたが、ドアキャリアを樹脂に変更し、射出成形によりクリップなどの小部品を一体成形することにより、小物部品の組み付け工程自体を省略することが行われている。これは、生産におけるモジュール化を最適化する目的でドアの製品設計アーキテクチャが統合化された例である。

組織のモジュール化

一般に、製品設計のアーキテクチャと組織のアーキテクチャとは同型化する傾向があると考えられている(Baldwin and Clark, 2000; Ulrich and Eppinger, 2000; 藤本・武石・青島編, 2001)。すなわち、モジュラー的なアーキテクチャをもつ製品の開発では、組織部門の自立性が高く、分散的な組織が適格的であり、統合的アーキテクチャをもつ製品の開発では、部門間の連携が密で継続的な問題解決や調整を行える組織が適格的であるとされる(図1②参照)。

まず、製品設計のモジュール化は、各モジュールの設計をそれぞれ独立した開発グループにより行うことを可能にする。製品設計のモジュール化

1000個の部品からなる時計と二人の時計組み立て職人(HoraとTempus)がいたとする。Tempusは、1000個の部品を一から組み立てていって完成品を作っていたが、Horaはまず10個の部品からなる半製品を作り、その半製品をさらに10個組み立てることで完成品を作っていた。時計は、組立作業を中断すると、直ちにばらばらになり、また一から組み立てなければならなかった。そのため、注文の電話に出るたびに、Tempusは組立作業を中断させ、また一から組み立てなければならなかったが、Horaは組み立て中のごく一部の仕事を無駄にするだけで済んだ。

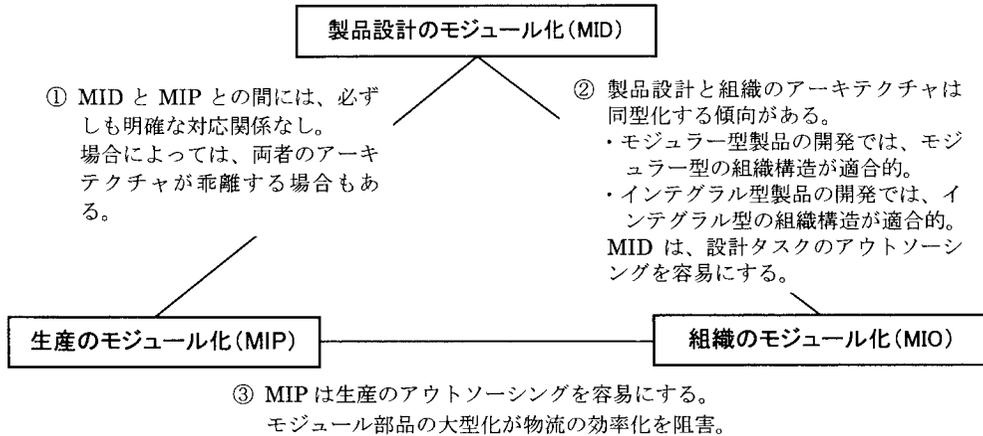


図1 モジュール化の対象領域の多面性

が進めば、設計の初期段階で確立された包括的なデザイン・ルールの下で各モジュールが比較的自由に設計できるようになる (Baldwin and Clark, 2000)。デザイン・ルールに依拠する限り、システム全体の整合性は予定調和的に達成される。そのため、各モジュールを設計する作業組織の相互調整の必要性は低く抑えられる。

また、モジュール間のインターフェースはよく定義されているため、モジュールの開発を外組織が行うことも比較的容易になる。こうした設計のアウトソーシングが進むと、多数の外部企業がモジュールの開発を自律的、同時並行的に行うことが可能になる。その結果、一定の条件下において、特定の製品アーキテクチャをベースとして、産業全体でモジュールのイノベーションが促進される場合もある⁶⁾。

他方、生産のモジュール化とアウトソーシングの関係は、製品設計の場合ほど一義的ではない (図1 ③参照)。確かに、生産のモジュール化が進むほど、サブライン単位での外注は容易になる。個別部品をばらばらに外注するよりも、サブ Assy

単位で外注する方が、購買管理を集約化できるからである。

しかし一方で、外注部品の物理的単位が大きくなり、物流の効率性に支障をきたす可能性も出てくる。物流の問題に対応するため、欧州の自動車産業では、サプライヤーパークの導入を試みている自動車メーカーもある。サプライヤーパークとは、自動車メーカーの最終組立工場の近隣に大規模な敷地を用意し、そこに主要な部品メーカーに立地してもらい、サブ Assy の進んだ大型部品をメインラインにトラックやコンベアーで搬入するシステムである。これにより物流の問題はある程度解決するが、その一方で、取引関係の固定化といったビジネス上の問題も生じ、完全な解決策とはなっていない。

さらに、製品設計、生産、組織の3者の関係を考えてみると、問題はさらに複雑になる。すなわち、製品設計のモジュール化においては、設計作業におけるシステム複雑性を低減するために、機能が完結するようにモジュールを切り分けることが鍵であるが、生産のモジュール化では、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。言い換えると、製品設計のモジュール化では製品機能の観点を重視するのに対し、生産のモジュール化では製品構造の観点を重視する。したがって、製品設計と生産とでは、それぞれ異なるモジュール化の論理があるのであり、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

6) ただし、製品設計のモジュール化が直ちにシリコンバレー型の自律的かつ水平分業的な産業構造をもたらすわけではない。シリコンバレーにおける製品設計モジュール化を基礎としたベンチャー企業の盛隆の背後には、ベンチャーキャピタルによる資金的、経営的な支援や発達した資本市場の存在、会社設立・整理に関する法整備など、制度的な要因が背景にあることに注意が必要である (米倉, 1999; 安藤, 2002)。

のである (Sako and Murry, 1999; 武石・藤本・具、2001)。

このことは、現実の自動車部品のモジュール化において非常に大きな課題となる。自動車部品(とくに承認図部品)の場合、同一の部品メーカーが部品の開発・設計、工程設計、量産を一貫して行うのが通例である。そのため、部品メーカーには、部品の開発・設計の段階においては、機能の観点からのモジュール化の取り組みが求められ、工程設計・量産の段階においては、構造および物流の観点からのモジュール化の取り組みが求められるのである。現実には、自動車部品のモジュール化では、生産を容易にする構造一体化を目指す生産のモジュール化を優先し、製品設計のモジュール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。すなわち、両者の間には、アーキテクチャ上のねじれが生じる可能性があるのである。

3. マツダ社におけるモジュール化

マツダ社は、2002年5月に発売を開始した中型乗用車アテンザからモジュール化への取り組みを本格化した。現在、第一世代のモジュール化(アテンザ [発売2002.5]、2代目デミオ [同2002.8]、RX-8 [同2003.4]、アクセラ [同2003.10] 向け)が一巡しており、モジュール化に関する経験を振り返るよいタイミングと言える。

そこで次に本節では、マツダ社のモジュール化の考え方と取り組みについて実態的に考察していく。

(1) モジュール部品の定義と種類

マツダの定義によるモジュール部品とは「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、機能統合あるいはサブアセンブリされた部品の集合体」である⁷⁾。この定義は、モジュールの構造的一体化、すなわち生産におけるモジュール化に重点を置いたものである。表1は同社におけるモジュール部品の種類を示している。

表1 マツダ社のモジュール部品の種類

ボディー系モジュール	フロントエンド、リアエンド、リフトゲート、ピックアップボックス、コックピット/インパネ、ワイパ (&カウル)、オーバーヘッド、カーベット、パッケージトレイ、シート、ドア、フロアトンネルコンソール
パワートレイン&シャーシ系モジュール	リアサスペンション、ホイール&タイヤ、フロントサスペンション& PT、フロントイグゼースト、フューエルデリバリー、チューブ&バンドル、ローリングシャーシ

(出所) マツダ社資料より

(2) モジュール部品の基本類型：サブ Assy 型と機能統合型

マツダでは、モジュール部品を「サブアセンブリ (サブ Assy) 型」と「機能統合型」に分類している。

サブ Assy 型モジュールは、設計の大きな変更は伴わず、構成部品をある程度組み立てた状態で自動車メーカーに納入する部品である。サブ Assy 型モジュールの代表例は、ドアモジュールである。ドアモジュールは、ワイヤーハーネス、パワーウィンドー用モーター、ドアロック用モーターなどで構成されるが、これらの部品を予め組み立てた上で、メインラインに供給するものである。

部品をサブラインでサブ Assy (半製品へ組み立て) することにより、メインラインを簡素化することが可能となり、生産品目や数量の変動などへの対応が容易になる。また、欧米では自動車メーカーと部品メーカーとの間で比較的大きな賃金格差があるため、サブ Assy 型モジュールの組立を部品メーカーにアウトソースすることにより、固定費の削減が図られている。しかし、日本では欧米ほど賃金格差がないため、サブ Assy をマツダがやるか、部品メーカーがやるかは個別の状況判断で決められている。

他方、機能統合型モジュールは、サブ Assy する部品の設計を見直すことにより機能的に統合したり、構造を簡略化したりするモジュールである。すなわち、「レイアウト上、近くにある部品群を一つの単位ととらえ、部品間の機能統合や部品廃止などの VE によって大幅なコスト低減効果を期待するもの」が機能統合型である。

7) マツダ社資料による。

詳しく見ると、機能統合型には、機能一体化型、機能複合化型、構造一体化型などのバリエーションが見られる。機能一体化型とは、同系列の機能をもつ部品群を上位の機能の方向に向けて一体化していくことであり、ラジエータとコンデンサの一体化などが一例である。機能複合化型とは、異なる機能をもつ部品を一体化する方式である。例えば、コックピットモジュールは、オーディオ・ナビゲーション機能、メーター機能、乗員保護機能などさまざまな機能の複合体である。構造一体化型とは、部品を物理的に統合化する方式である。エアダクトとクロスカービームの一体化などが構造一体化型の例である。

実際のモジュール化は、これらの方式の組み合わせにより実現されている。

例えば、センターパネルは、オーディオや空調、ハザードスイッチなどから構成されるが、これらを制御する電子基板が機能的に統合化され、使用マイコンチップの数を削減している。また、操作パネルは構造的に一体化され、見栄えや操作性が改善されている。これらの一体化により、大幅に部品点数が減少し、組立工数も削減された。

また、ドアモジュールでは、モジュールキャリアの形状を工夫することにより、パワーウィンドー用モーターを室内側に設置された。モーターがドライサイドに設置されることにより、防水でない廉価な汎用モーターの採用が可能になり、コスト削減が実現された。これは、構造体であるドアキャリアに防水機能をもたせた例であり、機能複合化と構造一体化の組み合わせである。

(3) モジュール化の取り組みと特徴

サブ Assy 型を含めれば、マツダにおけるモジュール化の歴史は古い。すでに1970年代には、サブ Assy 型の部品の生産に取り組んでいる。機能統合型のモジュールが本格的に開発されるようになったのは、1990年代からである。当初は、バブル期における求人難から、生産ラインにおける作業性の改善などが重視されていたが、90年代半ばからは、機能統合による商品性の向上やコスト削減が目指されるようになった。

マツダは、他の自動車メーカーに比べ生産台数が少なく、通常の生産方式では規模のメリットを享受しにくい。そこで、比較的小さな生産規模を

前提として、多品種生産の柔軟性と低コストを同時に追求する一つの手段として機能統合型モジュールの開発が取り組まれているのである。

したがって、マツダにおけるモジュール化は、まず生産面での合理化が最重要課題とされている。はじめからモジュール化ありきではなく、生産面でのメリットがあるならモジュール化するという考え方である。その結果、マツダにおけるモジュール化には次のような特徴が見られる。

第一に、部品の構造一体化が重視されている。共通の機能を持つ複数の部品を一つにまとめる、レイアウト上近くにある部品を一つの部品に吸収するなどの形で、部品の設計構造を一体化することで、部品点数を削減する手法が多用されている。

例えば、ドアモジュールでは、ドアキャリアを鉄板製から樹脂製に転換し、射出成形などによりハーネスなどを止めるクリップ類をキャリアと一体成形している。それにより、クリップ等の小部品の点数削減が可能となった。また同様に、フロントエンドモジュールでもラジエータシュラウドを鉄製から樹脂製に転換し、ブラケット類を一体成形することにより、部品点数の削減と軽量化を実現している。

こうした部品の一体化は、設計段階における部品構造の見直しを必要とするが、必ずしも製品設計のモジュール化を意味するわけではない。製品設計のモジュール化の鍵は、モジュール内での機能完結化とモジュール間の相互依存の低減であるが、マツダにおける部品の統合化の多くは、機能の観点からではなく、部品レイアウト（すなわち構造）の観点から進められている。すなわち、生産方法や素材特性上の理由から別々になっている部品で、レイアウト上あるいは組み立て作業上近くにあるものを一つの塊として認識し、設計の見直しや素材の転換により構造的に一体化することが進められている。

第二に、モジュール部品の設計開発や購買管理、品質保証をより一層部品メーカーに任せる傾向が強まっている。従来から部品メーカーは詳細設計を行う段階から自動車メーカーと共同で設計作業（デザイン・イン）にあたっていたが、今後は商品企画や基本設計を固める段階から参加（コンセプト・イン）することが求められるようになっていく。

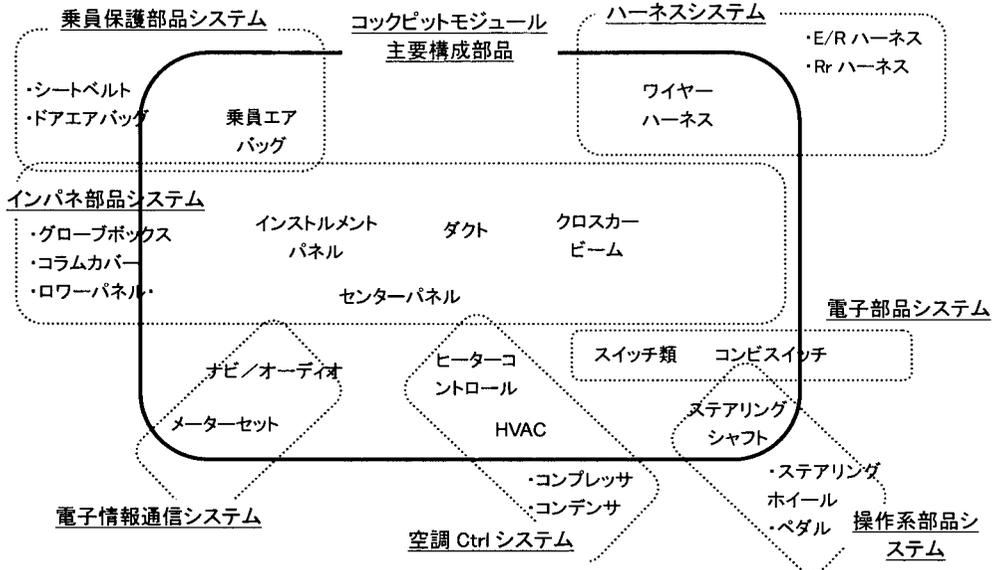


図2 コックピットモジュールのシステム構成
(資料) マツダ社資料より筆者作成。

しかし、このことは製品設計のモジュール化によりアウトソースが容易になったため引き起こされたものとは必ずしも言えない。むしろ、マツダにおける開発資源の制約から、ノンコアの部品開発は出来るだけ、部品メーカーに開発から生産、品質保証まで一貫して任せたいという、購買戦略上の判断がその推進要因となっていると見るべきである。

いずれにしろ、部品メーカーには、より一層エンジニアリング技術と資源が求められるようになってきている。これと関連してマツダは、フル・サービス・サプライヤー (FSS) 制度⁸⁾を導入し、より一貫して納入部品の品質保証を行うよう部品メーカーに求める体制を制度的にも整えてきている。

第三に、既述したように、製品設計面でのモジュール化は、あまり重視されていない。一部の例外はあるが、マツダがモジュールと呼んでいる部品のほとんどは、機能と構造が複雑に入り組ん

だ相互依存関係を残している⁹⁾。

例えば、コックピットモジュールは、インストルメントパネル、空調ダクト、クロスカービーム、ワイヤーハーネス、エアバッグ、スイッチ類、ヒーターコントロール、HVAC、ナビゲーション／オーディオ、センターパネル、メーターセットなどで構成されるが、これらは異なる機能システムの複合体となっている(図2参照)。すなわち、ナビゲーション／オーディオ、センターパネル、メーターセットは、電子情報通信システムを、ヒーターコントロールおよびHVACは、コンプレッサやコンデンサ(これらはフロントエンドモジュールに含まれる)と共に空調コントロール・システムを成している。さらに、エアバッグは、シートベルトやサイドエアバッグなどと共に乗員保護システムを構成している。

このように、コックピットモジュールでは、複

8) マツダが2000年に導入した外注部品の品質保証に関する制度。マツダと部品メーカーとの間で事前に合意した取引部品の品質やコストなどの水準(SOW: Statement of Work)を部品メーカーが責任を持って保証するというもの。

9) その例外として、センターパネルモジュールがあげられる。センターパネルは内部構造がモジュール化しており、操作パネルとオーディオ・ユニットや空調ユニットのインターフェースは集約化・標準化されている。ただし、センターパネルとインパネやエンジンルームとの関係は、車種によって異なっており、それぞれにインターフェースを調整する必要がある。

数の機能システムにより構成されている。しかも、これらの機能システムは、コックピットモジュールの境界内で完結しておらず、複数のモジュールを横断する形で存在している。他のモジュール（例えば、フロントエンドモジュールやドアモジュールなど）でも、機能と構造は一対一に対応しておらず、しばしば機能の境界は構造の境界を横断しているのである。

以上を要約すると、マツダにおける「モジュール化」とは、生産のモジュール化に軸足を置いたものであり、製品設計のモジュール化や組織・企業間関係のモジュール化は副次的なものである。マツダが力を入れている機能統合型モジュールは、機能複合化や構造一体化を通じて、部品点数の削減、組み付け工程の省略、作業性の改善、部品の軽量化などを目指すものである。第一世代のモジュール化でマツダが達成したコスト削減や重量削減などの成果は、開発設計プロセスの効率化、すなわち製品設計のモジュール化による開発作業の相互依存の削減や組織モジュール化による開発作業のスムーズなアウトソーシングなどを通じた開発活動の外部的化によるものではない。むしろ、これを実現しているのは、VE（value engineering）やVA（value analysis）といった地道な取り組みである。マツダにおけるモジュール化の鍵は、VE・VAの対象範囲をモジュールレベルで再定義することにあると言える。すなわち、部品単品レベルでVE・VAを図るのではなく、部品群のレベルで部品を捉えることにより、新たな改善の余地を発見していくことにマツダにおける第一世代モジュールの本質があると思われる。

4. 地場部品メーカーの取り組み

では次に、広島地域の部品メーカーによるモジュール化への対応をアンケート調査とインタビュー調査の結果にもとづいて明らかにしていく。

(1) 調査方法

アンケート調査は、広島地域の自動車部品関連の製造事業所を対象として、2003年11月から12月にかけて実施した¹⁰⁾。408件の事業所に質問票を送

付し、103件の有効回答を得た（有効回答率25.2%）。

また、アンケート調査と並行して、モジュール部品の開発・生産を手がける主要な地場部品メーカーに対しインタビュー調査を行った。アンケート調査で描かれるのは、部品メーカーの平均的な姿でしかないので、インタビュー調査により調査対象企業の取り組みの質的な側面（例えば、モジュール化への取り組みの背景や戦略、組織など）を補った。

以下では、アンケート調査の結果を中心に地場部品メーカーのモジュール化への対応の動向を記述し、適宜インタビューの結果を織り交ぜて説明を掘り下げていきたい。

(2) 生産部品の特性

まず、回答企業が生産する自動車部品の特性について調査結果を示す。

表2は、自動車部品のモジュール度別回答状況を示している。ここで「モジュール製品」とは、「小部品の組み合わせで構成されており、それ自体が完成車の一部分として構造・機能的に独立している」ものを意味する。また、「準モジュール製品」とは、「小部品の組み合わせで構成されているが、他の部品群と結合して完成車の一部分となり、構造・機能的に独立する」ものである。そして、「単独の小部品」は、小部品を単品もしくは組み立て度のきわめて低い単位で納入する部品を指している。

表2をみると、自社の製造品を「モジュール製品」と判断しているのは、11事業所（構成比

表2 回答企業のモジュール度別分類

モジュール度	回答数	構成比 (%)
モジュール製品	11	10.7
準モジュール製品	41	39.8
単独の小部品	51	49.5
合計	103	100.0

（出所）広島地域高度技能活用雇用安定会議（2003）

用雇用安定地域調査」の一環として実施された。調査結果の使用を許可していただいた広島地域高度技能活用雇用安定会議に感謝申し上げます。

10) 本調査は、筆者も参加した「平成15年度 高度技能活

表3 自動車部品の車種・取引先による相違点(%)

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
機能	63.6	38.7	54.1
構造	63.6	69.0	75.7
材料・材質**	36.4	75.0	72.2
構成部品	81.8	83.9	69.7
他部品との接合点	72.7	79.3	71.9
デザイン	90.9	80.8	69.7
カラー*	81.8	58.3	43.8

(注) * 10%水準で有意、** 5%水準で有意。
(出所) 広島地域高度技能活用雇用安定会議(2003)

10.7%)にとどまっている¹¹⁾。残りの92事業所(同89.3%)は、複合度の低い「準モジュール製品」もしくは「単独の小部品」を生産している。

また、回答企業の生産部品の共通化の状況(表3参照)を見ると、ほとんどの事業所で、部品の機能、構造、構成部品、接合点、デザインなどが車種ごとに異なる特注品を設計・生産している。

このように、地場部品メーカーが生産する「モジュール部品」とは、組み付け部品の複合度が高く、ある程度のまとまった機能を持つものであるが、その機能や構造はモデルに固有なものであり、他部品とのインターフェースも標準化されていない。すなわち、モジュール部品とは言うものの、製品設計面でのモジュラー度は必ずしも高くないのである。

しかし、将来の方向性を見ると、今後部品の共通化が進むとみる部品メーカーは少なくない。表4は、部品の機能、構造などの点で相違点があるとする事業所の内、将来における共通化について尋ねた結果である。

表4をみると、どの点が共通化すると考えられ

表4 将来における自動車部品の共通化(%)

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
機能	57.1	60.0	47.4
構造	57.1	64.7	42.3
材料・材質	100.0	57.1	60.0
構成部品	66.7	54.2	59.1
他部品との接合点	75.0	36.8	50.0
デザイン	44.4	22.2	28.6
カラー	11.1	30.8	36.4

(注) * 10%水準で有意、** 5%水準で有意。
(出所) 広島地域高度技能活用雇用安定会議(2003)

ているかは、部品のモジュール度によって異なっている。例えば、モジュール製品を手がける部品メーカーは、外観(デザインやカラー)に関する部分はモデルに応じて差異化し、内部機構(機能、構造、材料・材質、構成部品)や他の部品とのインターフェースは共通化していくと考えている。すなわち、車種によって固有の設計が求められる部分以外については、出来るだけ共通化することにより、共通化部品の量産効果や設備更新費の削減などを図ろうとしていると見ることが出来る。

(3) 生産面の動向

次に、地場部品メーカーの生産面の動向を見る。表5は、モジュール度別に生産工程の変化を示したものである。

第一に、モジュール度の高い事業所ほど、サブラインの一部がメインラインの中に組み込まれる傾向が強く出ている。モジュール製品を生産する事業所の45.5%で、サブラインの一部がメインラインに組み込まれる傾向にあると回答している。それに対し、サブライン縮小の傾向は、準モジュール製品では18.9%、単独小部品では2.4%にとどまる。

また、モジュール度の高い事業所では、「機能拡張のため、他部品を取り込んだ」「機能を維持・拡張しつつ、部品点数を減らした」という回答の比率が高い(モジュール製品で36.4%、準モジュールで29.7%、単独小部品で12.2%)。このことから、部品メーカーが近接する小部品等を統合化する

11) 実際には、「モジュール製品」として14件、「準モジュール製品」に52件、「単独の小部品」には37件の回答があった。しかし、その内容を見ると必ずしもモジュール部品に該当しないものや他の分類に位置づけるべきものが混在していた。そこで、具体的な製品の名称や内容、事業所への電話確認などにより、生産部品の特徴を多面的に評価し、回答結果を表2のように修正した。詳しくは、広島地域高度技能活用雇用安定会議(2003)を参照されたい。

表5 生産工程の変化（モジュール別別）

（回答比 %）

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
サブラインの一部がメインラインの中に組み込まれた***	45.5	18.9	2.4
サブラインでの組み付けが増え、メインラインでの組み付けが減った	0.0	10.8	2.4
屋台方式を採用するようになった***	45.5	13.5	7.3
組立・加工工数が増えた*	36.4	35.1	14.6
組立・加工工数が減った	36.4	18.9	17.1
機能拡張のため、他部品を取り込んだ*	36.4	29.7	12.2
機能を限定し、部品点数を減らした	18.2	8.1	7.3
機能を維持・拡張しつつ、部品点数を減らした*	27.3	27.0	7.3
社内では小ユニット同士の組み付けだけを行うようになった	9.1	16.2	2.4
小部品を共通化し、部品点数と部品コストを減らした*	36.4	13.5	9.8

（注）* 10%水準で有意、** 5%水準で有意、*** 1%水準で有意。

（出所）広島地域高度技能活用雇用安定会議（2003）

るなどして、部品点数の削減を進めた結果、サブラインでの組立作業が削減もしくは省略されるようになっていくことが読み取れる。

こうした動向は、部品メーカーによる改善提案の状況にも表れている（表6参照）。取引先への提案数の変化を見ると、モジュール製品では8社（構成比72.7%）、準モジュール製品では14社（同35.9%）、単独小部品では12社（25.5%）が増加と回答しており、モジュール度の高い部品ほど、改善提案の件数が多い。また、提案の内容面を見ると（表7参照）、モジュール度の高い事業所ほど、機能面あるいは構造面での改善提案が顕著に多くなっている。

また、興味深いのは、「車体や他部品の設計を自事業所の製品に合わせるよう提案するようになった」との回答（モジュール製品：27.3%）である。

表6 取引先への改善提案数の変化 社（%）

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
提案数が増加	8 (72.7)	14 (35.9)	12 (25.5)
変化なし	2 (18.2)	24 (61.5)	32 (68.1)
提案数が減少	1 (9.1)	1 (2.6)	3 (6.4)
合計	11 (100)	39 (100)	47 (100)

（注）Pearson Chi2=8.99（P<0.05）

（出所）広島地域高度技能活用雇用安定会議（2003）

これは、一つには、自社における生産のし易さを考えた設計を提案することにより、コスト削減、品質向上、納期の短縮などを目指す動きといえる。あるいは、自社の製品展開戦略に沿う形で、モ

表7 取引先への改善提案の内容

件数〔複数回答〕（構成比 %）

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
機能面で幅広い提案を行うようになった	7 (63.6)	7 (17.1)	5 (9.8)
構造・デザイン面で幅広い提案を行うようになった	4 (36.4)	4 (9.8)	2 (3.9)
車体や他部品の設計を自事業所の製品に合わせるよう提案するようになった	3 (27.3)	6 (14.6)	2 (3.9)
変化なし	2 (18.2)	23 (56.1)	37 (72.5)

（出所）広島地域高度技能活用雇用安定会議（2003）

表8 組織間関係の変化（モジュール度別）

（回答比 %）

	モジュール製品	準モジュール製品	単独の小部品
社内での擦り合せの度合いが増えた*	63.6	29.7	26.8
社内での擦り合せの度合いが減った	0.0	8.1	0.0
他社との擦り合せの度合いが増えた	36.4	27.0	22.0
他社との擦り合せの度合いが減った	9.1	8.1	0.0

（注）* 10%水準で有意、** 5%水準で有意、*** 1%水準で有意。
（出所）広島地域高度技能活用雇用安定会議（2003）

ジュール部品の設計を自社の得意な領域に引き込もうとする戦略的な提案も一部の部品メーカーでは模索されていることが示唆されている。

第二に、モジュール度の高い部品を生産する事業所では、モジュール部品の組立を一人もしくは少数の作業者が行う屋台（セル）生産方式を採用する事業所が増えている。セル生産方式を導入する事業所は、単独小部品では7.3%、準モジュール製品では13.5%にとどまるのに対し、モジュール製品では45.5%に及んでいる。

セル生産の利点は、生産数量の変動に対して、作業ステーション（セル）を増減させることで対応出来る点である。生産品目の多様化については、セル単位で生産品目を調整することで、例えばベルトコンベア・システムのようにライン全体を調整することなく、対応が可能である。その意味では、セル生産方式は、部品の複合化に伴う生産ラインにおける工程間の擦り合わせの必要性を削減する仕組みといえる。また、各セルで生産が完結するので、不良が出た場合にも原因の工程を突き止めることが容易である点もセル生産方式の利点である。

第三に、インタビュー調査によれば、部品の複合化を実現している部品メーカーでは、新しい生産技術や素材、要素技術の開発に取り組んでいる。例えば、ガラス繊維などを混入して強度を高めた樹脂を精密成形する技術により、ハーネスなどを取り付ける小部品を統合した上で、リフトゲートやドアキャリアなどを一体成形する技術が開発されている。また、センターパネルの電子基盤は、従来オーディオ・ユニットやハザードスイッチ、空調などに別々に設計・製造されていたが、マイコン技術の進歩により、現在では各機能が一つの電子基盤に統合されている。これは電子基盤とい

う要素技術の進歩により、複合化を実現した例である。いずれの事例においても部品を構造的あるいは機能的に結合する技術の開発が鍵になっている¹²⁾。

（4）企業間関係の変化

こうした部品の複合化に伴って、部品メーカーでは社内外で設計段階における擦り合わせの度合いが増加している（表8参照）。社内における部門間の調整は、モジュール製品では63.6%、準モジュール製品では29.7%、単独小部品では26.8%の事業所で、擦り合せの必要性が増大していると回答している。部品の複合度が高まれば、社内でも多くの開発作業が行われるようになるため、作業間の調整の手間および複雑性は高まっていくのは当然である。

また、社外との擦り合わせについて見ると、モジュール製品で36.4%、準モジュール品で27.0%、単独小部品で22.0%が増加と回答している。モジュール度によって必ずしも明確な違いは見出せないが、部品種類に関わらず外的な調整の必要性が高まっていることが示されている。

アンケート調査からは、どういった側面で社外との擦り合わせが増加しているのかは分からない。しかし、インタビュー調査によると、部品の複合化は、部品メーカーが取り組むべきインター

12) これらの開発は、部品メーカー単独の開発努力では限界がある。高強度樹脂の成形方法は基本的にはマツダの技術開発部門で行われた。高強度樹脂を推進力としたモジュール化は、マツダの技術部門との連携抜きには不可能である。また、樹脂素材の開発には、樹脂素材メーカーの協力が不可欠である。いずれの場合でも、部品メーカーには外部の技術を活用する技術評価能力、吸収能力、組織能力が求められる。

フェースの範囲を拡大させている。

インターフェースの拡大は、部品設計および企業間関係の両面で生じている。例えば、センターパネルモジュールでは、ハザードスイッチやオーディオ、空調の操作パネルや電子基盤の統合化がなされたが、これはオーディオ機器、空調機器、パネル／スイッチのそれぞれの供給メーカーおよびマツダにまたがる問題である。Tier 1 になる部品メーカーは、マツダと他の供給メーカーとの間に立って、センターパネルの設計上のインターフェースを調整しなければならない。

また、こうした部品設計のインターフェースの調整は、同時に企業間関係のインターフェースの調整問題も含む。モジュール部品における部品設計の決定は、開発に参加する部品メーカー間の役割分担を決定することでもある。同じ自動車部品メーカーであっても、企業によって技術的背景（例えば、メカニカル vs. エレクトロニカル、板金 vs. 樹脂など）はもちろん、開発に関する考え方（例えば、コスト重視、品質重視、性能重視など）や仕事の進め方などが異なるのは当然であり、企業間の開発プロセスの調整は容易ではない。

さらに、Tier 1 メーカーといえども、企業規模や技術的優位性が常に Tier 2 メーカーよりも上とは限らない。時には、自社よりも大きな企業をコントロールしなければならないことも少なくない。部品メーカー間のパワー関係の違いは、企業間のインターフェース調整において重要な要因である。従来は、マツダとの間で技術面・取引面の調整を行えばよかったものが、部品の複合化の進展に伴って、他の部品メーカーとの間でも擦り合わせが求められるようになってきているのである。

5. モジュール化への対応の課題

以上のように、モジュール化には多様な側面があり、国内においては主に生産面の配慮がモジュール化の推進要因となっている。前節で示されたように、広島地域においても、部品メーカーはこうしたモジュール化の動きに対して、さまざまな取り組みを行っている。最後に、広島地域におけるモジュール化への対応について、製品アーキテクチャ論の視点に基づいて、課題を整理しておきたい。

第一に、部品メーカーには、部品のシステム的な技術の獲得が一層必要である。システム的な技術とは、当該部品が所定の機能を果たすために持つべきサブ機能や構成部品、構造のあり方に関する技術である（Henderson and Clark, 1990；青島、1998）。システム技術は、どの部品を統合すれば機能が増すのか、統合化することにより省略できる小部品はないか、どのような統合化を行えば生産工程が削減できるかといった問題に関連する。換言すれば、システム技術は最適な部品の複合化・統合化を行うために必要な技術である。

このようなシステム的な技術は、取引先の自動車メーカーにおける製品設計の特性や開発プロセスのパターンに依存することもあり、部品メーカーにとって稀少性の高い技術といえる。システム技術は、稀少であるがゆえに、外部からの調達が難しい。それゆえに、社内で蓄積が進めば、他社に対して持続性のある競争優位の源泉となる。

しかし、稀少であるがゆえに、システム技術の形成は難しい。従来、部品メーカーは、特定の部品領域や加工領域において専門的な技能を形成してきた。部品メーカーの開発業務は増加しているが、基本的に新規部品の企画や基本設計は、自動車メーカーの仕事であった。そのため、システム技術の蓄積は自動車メーカーで進み、部品メーカーでは限られた範囲でしか進まなかったと考えられる。その代わりに、部品メーカーでは、加工技術や要素技術の高度化が図られていった。

とりわけ、広島地域では、板金加工や樹脂成形を得意とする部品メーカーが多く、エレクトロニクス技術を持つメーカーは少ない。板金加工や樹脂成形は、基本的に素材を加工して造形物を作る技術であり、必ずしも部品の機能を作るものではない。他方、エレクトロニクスは、あるシステムを動作、制御させるために必要な技術であり、システム技術を蓄積しやすい。

そういった経緯もあり、広島地域においては、部品メーカーのシステム技術の獲得が急務である。こうしたシステム技術の獲得においては、自動車メーカーや電装メーカーとの連携が重要となろう。マツダは、ノンコア領域の部品開発にかかる人員を削減することをモジュール化の一つの目的としており、部品メーカーへの技術移転のために人手を割くことは、かえって当初のモジュール化の目

的に反する面がある。しかし、レベルの高いモジュール化を実現するために当面必要なコストである。自動車メーカーから部品メーカーへのシステム技術の移転は、自動車メーカー、部品メーカー双方からの人材の派遣、自動車メーカーにおける研修などが考えられるが、具体的にどのような方法の効果が高いかは今後の調査課題の一つである。

第二に、部品を機能的、構造的に結合する上で鍵となる技術、例えば、新しい加工技術や素材技術、要素技術の開発能力の向上が求められる。これは、部品メーカーでは従来から取り組まれている技術開発、技能形成の方向性である。例えば、ドアモジュール、リフトゲートモジュール、フロントエンドモジュールを可能にしたのは、高強度樹脂素材の開発および精密成形工法の開発である。また、センターパネルにおける、ハザードスイッチ、オーディオ機器、空調機器の操作基盤の統合化は、マイコン技術の進歩により可能となった。

こうした部品と部品を結合する上で鍵となる技術の開発は、Tier 1 メーカーのみならず、Tier 2 以下の部品メーカーにとっても戦略的に重要な意味を持つ。なぜなら、結合する技術は、第一に、サブ Assy 型から機能統合型へとモジュールを進化させる原動力であり、第二に、必ずしもモジュール・メーカーのような幅広い部品技術を抱える必要がなく、第三に、従来からの技術開発やノウハウの蓄積を活かしやすい技術分野であるからである。すなわち、比較的規模の小さな企業であっても、一点突破型の技術開発により、戦略的に重要なポジションを確保することが可能になる。

第三に、モジュール部品の設計開発・生産を行う部品メーカーには、複雑に入り組んだ製品設計の機能的・構造的なインターフェースを調整する能力が求められる。部品メーカーが担当する開発作業は、ますます拡大する傾向にある。製品設計のモジュール化が十分に進展していれば、部品メーカーは担当モジュール内部の開発に専念することが出来、開発工程やコストの低減、開発リードタイムの短縮が容易になる。しかし、生産のモジュール化を推進力とする構造一体化は、機能システムの境界をしばしば横断し、製品設計のモジュール化とは必ずしも一致しない。この場合、部品メーカーは、他のモジュールや車体との機能

的・構造的な相互依存を考慮したうえでの、構造一体化の取り組みが求められる。

その結果、部品開発においては、マツダの部品開発担当と部品メーカーの開発組織との間で、より一層緊密な相互協力関係の構築が求められる。具体的には、マツダでは、開発車種ごとに PMT (Program Management Team) と呼ばれる開発チームを形成し、これをさらに部 phận (ボデー、エクステリア、コックピットなど) ごとにサブグループに分割している。部品メーカーは、量産開始の約18 ヶ月前に決定し、PMT への参画が依頼される。PMT 内では、マツダ側担当者として部品メーカーのゲストエンジニアがマツダ内の開発センターで大部屋方式のもとフェースツーフェースで開発作業を行う方式を取っている。この PMT には、場合によっては、仕様検討の段階からモジュールメーカー (Tier 1) に加え、Tier 2 メーカーも参加して、部品間の機能的・構造的な相互依存の擦り合わせを行っているのである。

このように、マツダにおけるモジュール化では、部品開発段階において、マツダと部品メーカーとの間で統合的な開発組織アーキテクチャがとられている。このことは、モジュール化が進めば、自律的、同時並行的な分業体制の確立が容易になるという一般によく言われている仮説に反している。しかし、これまで検討してきたように、マツダにおけるモジュール化は、生産におけるモジュール化が中心であり、開発設計段階において企業間で緊密な協力関係の形成が促進されるのは自然な現象といえる。

それと同時に、部品統合の進展および部品メーカーの開発担当範囲の拡大により、部品メーカーに掛かる開発負荷は確実に増大している。部品統合によるコスト削減や部品軽量化の効果は着実に上がりつつあるが、部品メーカーを含めた価値連鎖全体で見たとき、どの程度開発工数やコストが削減されているかは不明である。生産のモジュール化の推進によるコスト削減と製品設計における開発コスト増大 (開発工数の増大などによる開発資源の逼迫) がトレードオフに転ずるポイントが存在するはずである。その時には、むしろ生産あるいは製品設計のモジュール化を後退させる選択肢もありうる。この点においては、マツダおよび地場部品メーカーは依然として試行錯誤を続けて

おり、設計開発あるいは物流の効率性に配慮したモジュール化のあり方が求められる。

第四に、モジュール部品の生産に対応する物流システムの改善が必要である。生産のモジュール化が進むと、組み立てられる部品の集積度が上がり、生産物の物理的単位が大きくなる。また、生産されるモジュールのバリエーションも大きくなる。そのため、モジュールの生産が部品メーカーに外注される場合、モジュールの効率的な物流が問題となる。

欧米ではモジュール生産にかかわる物流問題を解決するために、しばしばサプライヤーパークの導入が試みられている¹³⁾。

広島地域においては、サプライヤーパーク建設のための土地の確保が困難であり、建設コストも高い。マツダと部品メーカーとの間の取引関係の柔軟性の確保などの点でも問題があり、サプライヤーパーク方式のメリットは低い。

むしろ広島地域の部品メーカーにおいては、最近マツダが打ち出している「計画順序生産」への対応が急務である。計画順序生産とは、マツダにおける車両の混流生産の最終計画を部品メーカーに3日前に提示し、部品メーカーはその計画にもとづいて部品も混流生産し、順序どおりにマツダに納入する方式である。計画順序生産には、部品段階にまで遡って、混流生産することにより、サプライチェーン全体で在庫を削減する効果がある。現状では、この計画順序生産に対応できている地場部品メーカーは、数社に止まっている。より多くの地場部品メーカーへの計画順序生産の浸透と徹底した取り組みが必要である。

6. 残された課題

以上、広島地域の自動車産業における部品のモジュール化の動向と課題について、概念面および

実態面の両方から論じた。最後に、本稿の残された課題について述べ、むすびとしたい。

第一に、モジュール化の度合いをより客観的、包括的に測定できる分析ツールの開発が必要である。本稿では、アンケート調査（および若干の補足調査）により、部品のモジュール度を評価した。しかし、この評価方法は、回答者の認識に依存するものであり、モジュール度の判断にプレが生じやすい。より正確に部品のモジュール度を把握するためには、モジュールの構成概念をよりブレイクダウンし、操作化することが必要である。

また、モジュール部品のアーキテクチャ特性を質的側面からより深く分析する必要もある。これについては、近年 MIT の研究者らを中心として、「設計構造行列 (Design Structure Matrix)」などの分析概念が開発されつつあり、応用の可能性が広がっている。

第二に、モジュール化の成果（もしくは影響）を包括的に評価する必要がある。マツダにおけるモジュール化は、マツダ内においては、コスト削減、重量削減、作業性の改善などの点で大きな成果をあげている。他方、開発段階においては、部品メーカーにより大きな開発負荷と品質保証責任が掛かるようになっており、価値連鎖全体で見たとき、モジュール化による効率化効果がどの程度あるのかは不明である。

これには、関係する複数の企業の開発プロセスの分析が必要である。部品のモジュール化に伴って、例えば、開発工数や開発プロセスの複雑性がどの程度増大したのかを分析することにより、全体的な開発負荷の状況を評価する必要がある。また、これには部品取引のビジネス構造なども考慮に入れる必要があろう。なぜなら、例えば、モジュール化により開発工数が増大したとしても、取引契約においてそれ以上に大きなインセンティブを伴った取引条件が示されているのならば、それはビジネス機会の拡大に伴う単なる仕事の増大とみるべきかも知れないからである。

こうした価値連鎖全体への効果を含めた分析手法を確立することが出来れば、本稿で展開した議論をより客観的、普遍的に検証することが可能となり、自動車産業における部品のモジュール化についてより一層理解を深めることが出来るであろう。

13) サプライヤーパークの導入により、モジュール部品のジャストインタイム (JIT) もしくはジャストインシークエンス (JIS) な生産・納入を実現している。しかし欧米の場合、JIT もしくは JIS が成立しているのは、Tier 1 のサプライヤーまでで、Tier 2 以下のサプライヤーでは、ロット生産、ロット納入となっている。そのため、サプライチェーン全体では生産・物流の最適化は達成されていないのが現状である。

謝 辞

本調査の実施に当っては、(社)中国地方総合研究センターの江種浩文氏にたいへんお世話になった。マツダ株式会社のモジュール戦略については、岩城富士大氏ほか多数の方々に度々インタビューや意見交換に応じて頂いた。また、広島地域の自動車関連企業、学識経験者、関連団体および行政機関で構成するモジュール化・システム化研究会では、モジュール開発の最前線について研究、意見交換する場を頂いた。

論文の執筆に当っては、二人の匿名のレフェリーから本稿に対し有益なコメントを頂いた。さらに、広島大学の金原達夫教授、日野三十四教授、菊地彰助手からは建設的なご意見を頂いた。この他にも多くの方々にお世話になった。記して感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000). *Design Rules: The Power of Modularity*, The MIT Press.
- [2] Fixson, S. K. (2002). "The multiple faces of modularity: An analysis of a product concept for assembled hardware products," *International Motor Vehicle Program*, working paper.
- [3] Fixson, S. and M. Sako (2001). "Modularity in product architecture: Will the auto industry follow the computer industry?" Paper presented at the Fall meeting 2001, *International Vehicle Program (IMVP)*
- [4] Henderson, R. M. and K. B. Clark (1990). "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms," *Administrative Science Quarterly*, 35, 9-30.
- [5] Kamrani, A. K. and S. M. Salhieh (2002). *Product Design for Modularity (2nd ed.)*, Kluwer Academic Publishers.
- [6] Kinutani, H. (1997). "Modular assembly in mixed-model production at Mazda," in K. Shimokawa et al. eds. *Transforming Automobile Assembly*, Springer, 94-108.
- [7] Pimmler, T. U. and S. D. Eppinger (1994). "Integration analysis of product decompositions," *ASME Design Theory and Methodology Conference*, Minneapolis, MN.
- [8] Sako, M. (2002). "Modularity and outsourcing: The nature of co-evolution of product architecture and organization architecture in the global automotive industry," in P. Andrea et al. (eds.) *The Business of Systems Integration*, Oxford University Press
- [9] Sanchez, R. and J. T. Mahoney (1996). "Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design," *Strategic Management Journal*, 17 (Winter special issue), 63-76.
- [10] Simon, H. A. (1996). *The Sciences of the Artificial. (3rd ed.)* The MIT Press. (稲葉元吉・吉原英樹訳 (1999) 『システムの科学 (第3版)』パーソナルメディア)
- [11] Ulrich, K. (1995). "The role of product architecture in the manufacturing firm," *Research Policy*, 24, 419-440.
- [12] Ulrich, K. T. and S. D. Eppinger (2002). *Product Design and Development (2nd edition)*, McGraw-Hill.
- [13] 青島矢一 (1998) 「製品アーキテクチャと製品開発知識の伝承」『ビジネスレビュー』46 (1)、46-60
- [14] 安藤晴彦 (2002) 「ベンチャー・エコノミーと『モジュール化』の関係」青木昌彦、安藤晴彦 編著『モジュール化：新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新報社
- [15] 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』No. 215
- [16] 韓美京 (2002) 『製品アーキテクチャと製品開発』信山社
- [17] 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
- [18] 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、他編『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣
- [19] 広島地域高度技能活用雇用安定会議 (2003) 『平成15年度 高度技能活用雇用安定地域調査研究事業報告書』
- [20] 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
- [21] 目代武史・金原達夫 (2003) 「自動車地場部品メーカーにおける価値連鎖の再構築：製品アーキテクチャの変化への適応」『地域経済研究』第14号、23-36
- [22] 米倉誠一郎 (1999) 『経営革命の構造』岩波書店

* 本稿は投稿時に2人の匿名レフェリーによる査読という要件を満たしたものである。

Automotive parts modularization and its challenges for local suppliers in Hiroshima region

MOKUDAI Takefumi*

Research Assistant, Center for Research on Regional Economic Systems,
Graduate School of Social Sciences, Hiroshima University

Abstract

This paper describes modularization of automotive parts by Mazda Co. and analyzes challenges of its local suppliers in Hiroshima region, Japan. Modularity has multiple aspects: modularity in design (MID), modularity in production (MIP), and modularity in organization (MIO), and each has its own logic. At Mazda MIP is the major force that configures modularization of parts, while either MID or MIO remain marginal. The research shows that product architecture of modules that local suppliers produce has yet achieved modularity in design. Modularization efforts by Mazda and its local suppliers include reduction of parts count, work steps, and/or improvement of ergonomics at assembly lines through integrating functions and components of modules. Furthermore Mazda has reinforced inter-firm relations with the local suppliers by integrating them at earlier stage of parts development. In order to deal with modularization of automotive parts, the study suggests that local suppliers should acquire system knowledge of modules, develop production technologies that functionally and structurally integrate components, improve logistic systems of assembled modules, and develop organizational capabilities to coordinate interfaces of product design and tasks across organizations.

Key words: multiple aspects of modularity, product architecture, automotive parts

* Corresponding author: mokudai@hiroshima-u.ac.jp