

部品モジュール化と製品アーキテクチャに関する一考察

日大生産工（院）○楊 于璇
日大生産工 大澤 紘一

1. はじめに

企業間競争の激しい現在では、いかにコストを削減し、利益を上げるかということは、常に企業が抱えている課題である。近年、製造業で「モジュール化」という言葉についてよく耳にしており、部品点数の削減やリードタイムの短縮などに有効な生産方式として注目されている。

一般的に「モジュール化」とは、部品を一つずつ本体に取り付けるのではなく、ある機能を持ったモジュール（複合部品）を中間製品として組み立てて、それらモジュールを組み合わせ、製品に組み立てていく方式で、モジュール間のインタフェースが標準化されている。そしてモジュール化を実現するためには、設計から見直すことが必要となる。このような方式は、主にパソコンの生産に採用されている。

近年「モジュール化」の動きは自動車産業でも一部に見られている。しかし、自動車の部品点数は約三万点もあり、パソコンのように簡単に部品をモジュール化するのが容易ではない。なぜなら、自動車とパソコンで製品アーキテクチャが異なるからである。

製品アーキテクチャの定義として、「どのようにして製品を構成部品に分けて、そこに製品機能を配分し、それによって必要となる部品間のインタフェースをいかに設計するかに関する基本的な設計思想のこと」である。図1¹⁾は製品アーキテクチャ特性による製品タイプの区別である。横の軸は製品の機能と構造の相互関係を示し。縦の軸は企業間の連携関係を指す。そして、図で示すように、パソコンがオーブ

ン・モジュラー型であるのに対し、自動車はクローズド・インテグラル型に位置付けられている¹⁾。

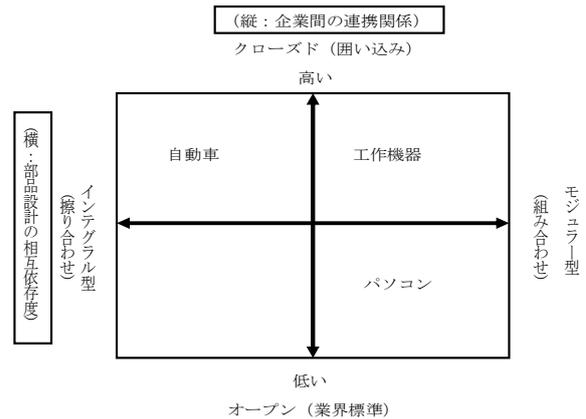


図1 製品アーキテクチャ特性による製品タイプの例

ここ数年、自動車産業においてモジュール化の傾向が見られていることから、自動車産業を対象として、自動車のモジュール化の動向を把握し、モジュール化に伴う自動車産業の構造と製品アーキテクチャの変化について考察した。

また、21世紀に入って、自動車メーカーは、環境問題及び石油枯渇の問題を抱えている。そのため、新たな代替エネルギーを開発せざるを得ない状況になっている。そこで、モジュール化と共に次世代車と言われている燃料電池車が生産されるようになった場合の産業構造の変化と製品アーキテクチャ特性の変化を考察した。

なお、これまで自動車におけるモジュール化および技術の進歩に伴う産業構造および製品アーキテクチャの変化を検討した例はない。

2. 自動車における部品モジュール化について

自動車のモジュール化は、欧州の自動車産業

で始まった。欧州の自動車産業で行われているモジュール生産の特徴は、まずクルマ自体を最初からモジュール生産できるような形に設計し、そして自動車メーカーの周囲に選定された一次部品メーカーによるサプライヤーパークを作り、一次部品メーカーが自動車メーカーにモジュールを供給していくという形で進められている²⁾。

こういったモジュール生産で最も有名なのは日本でも見かけるsmartという車種である。その車ではモジュール化するために、工場を新しく建設し、モジュールを供給する一次部品メーカーを選定し、自動車の開発設計段階から参加させる。そして、現在生産されているモジュールは、表1に示すようなフロントエンドモジュール、シャシーモジュール、コックピットモジュール、ルーフモジュール、ドアモジュールなどである²⁾。

表1 自動車におけるモジュールの例

モジュール名	構成部品
フロントエンドモジュール	フロント周りのフレーム、ラジエータ、ヘッドライトを一体化したもの。
駆動系モジュール	クラッチ、プロペラシャフト、フライホール、ドライブシャフトなどを一体化したもの。
コックピットモジュール	インパネ、メータースイッチ類、ステアリングなどを支持するビームとステアリングシャフト、空調ユニットとダクト類、ヒューズボックスなどを一体化したもの。
ルーフモジュール	天井の内張りを一体化したもの。
ドアモジュール	ロックの機構、ハンドル、レギュレーター、スピーカー、ハーネスなどを一体化したもの。

次に、自動車におけるモジュール化のメリットとしては、部品をモジュール化することにより、部品機能の統合による部品点数削減や軽量化、自動車メーカーの最終組立工程の組付け作業は軽減化し、コストの削減が可能になることである。また、モジュールの開発設計を部品メーカーに担当させるということで、自動車メーカー側の開発設計のコストが低減できる。

もし、部品メーカーが機能統合の開発を担当できるのであれば、革新的なモジュール製品の開発や生産を行っていく展開も考えられ

る。

3. 部品モジュール化による自動車産業構造と製品アーキテクチャの変化

部品モジュール化によって、自動車メーカーと部品メーカーとの産業構造が変化するものと思われる³⁾。

従来、自動車産業の生産構造としては、生産工程が長大であるため、数多くの部品メーカーが協力し、ピラミッドのような階層構造になっている。そこで、自動車メーカーはクルマの設計と製造を基本的に自社完結とする。すなわち、開発から製造まで権限を握っている。部品メーカーは単に自動車メーカーの図面指示に従って部品を調達し、製造すればよい。図2で示すような垂直的な産業階層になっている。

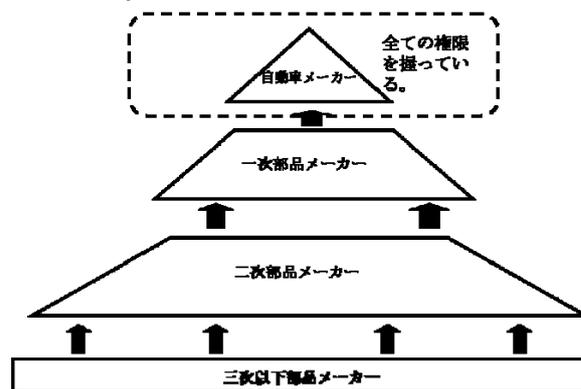


図2 自動車の産業構造

近年、モジュール化の導入に伴い、自動車メーカーと部品メーカーとの企業間システムの取引に変化が生じている。例として、自動車メーカーのN社はモジュール化を導入する際に、モジュール単位で開発・製造・部品調達など、これまで自社が行ってきた業務を一次部品メーカーに少しずつ任せる傾向にある。そして、クルマの基幹構造は基本的に自社内設計・製造であるが、設計技術能力のある一次部品メーカーに、部品モジュールの構造設計をしてもらい、その後、自動車メーカーが許可を出したものについて製造してもらうという承認図方式のやりとりをしている⁴⁾。

一方、一次部品メーカーと二次部品メーカ

一およびそれ以下の部品メーカーとの取引方式としては、基本的に一次部品メーカーが基本設計、詳細設計を行って、二次部品メーカーおよびそれ以下の部品メーカーはその図面の通りに製造すれば良い。要するにそれ以下の部品メーカーが設計の能力がないため、上階の部品メーカーへの依存性が高くなっていると考えられる⁴⁾。モジュール化に伴う変化は、図3に示すような産業構造に変わってきている。

つまり、モジュール化されていない時と比べると、主に変わったのが自動車メーカーとモジュール部品を製造する一次部品メーカーとの関係である。そして、今後コスト削減のために、さらに多くの部品のモジュール化が進展するものと考えられ、自動車の製品アーキテクチャの位置付けは、クローズド・インテグラル型からクローズド・モジュラー型へと変化すると考えられる。

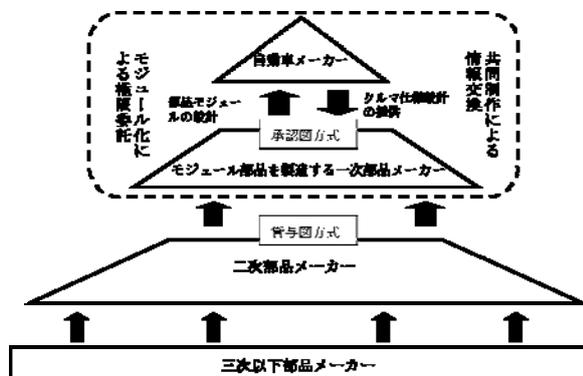


図3 モジュール化に伴う構造の変化
4. 次世代車における自動車産業構造とアーキテクチャの変化

21世紀を巡る環境問題、石油枯渇の問題を対応するために、代替燃料の開発は今後の自動車産業において、大きな課題となっている。そして、今後の自動車産業における次世代車の開発に必要な駆動系技術と現状の部品モジュール化の動きが相互に作用しながら、自動車産業構造にさらなる変化が起ると予想される⁵⁾。

現在、日本の各自動車メーカーは、ハイブ

リット車に続く次世代車として燃料電池車への開発に力を入れている。次世代車の開発においては、本来の自動車の基本構造は変わらないと思われるが、主に変わるのが駆動系であり、すなわち、従来のエンジンから燃料電池+モーターへの変化である。次世代車に搭載する駆動系については、いままでノウハウを持っていない自動車メーカーは他産業の技術力を借りなければならないことになる⁶⁾。

例えば、燃料電池車でみると、燃料電池車は水素を燃料として、空気中の酸素との化学反応を利用して発電してモーターを回すという仕組みである。したがって、燃料電池車を構成する必要な部品は、電気を発電する燃料電池、発電した電気を蓄電するバッテリー、車輪を回転させる電気モーター、水素を貯蔵・供給するタンクとなる⁷⁾。

図4は自動車メーカーが燃料自動車を開発するため、必要となる企業連携のイメージ図である。

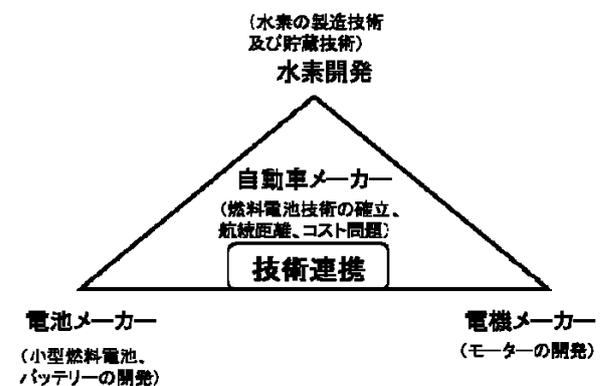


図4 燃料電池車を開発するため必要となる企業連携

したがって、こういった従来の系列関係のない新規企業の参加に伴って、図5に示すように自動車の産業構造は垂直階層だけではなく、水平階層も加わるものと予想される。

そして、製品アーキテクチャ特性の視点から考えると、本来の自動車はクローズド・インテグラル型に属していると言われているが、前述の部品のモジュール化、さらに今後の次

世代車への進展に伴い、図6に示すように、クローズド・モジュラー型に移行していくものと考えられる。

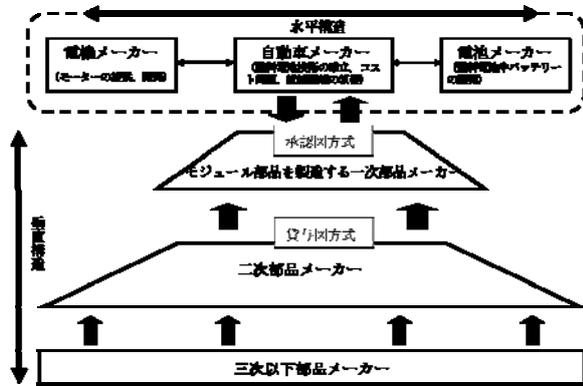


図5 次世代車における産業構造変化

現段階では、次世代車が必要となる駆動系技術は、各自動車メーカーでは自社内で開発・生産ができないため、電池メーカーや電機メーカーから必要となる駆動系部品またはモジュールを供給してもらう形になるであろう。さらに、それらのインタフェースが標準化されれば、クローズド型からオープン型の方

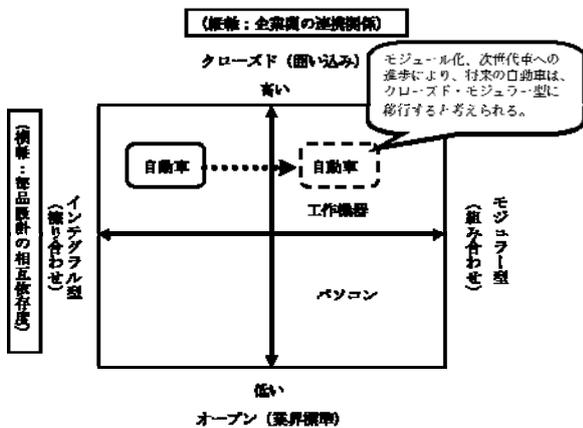


図6 次世代車における製品アーキテクチャの変化

5. まとめ

まず、自動車部品のモジュール化に伴う変化としては、自動車メーカーは生産コストを削減するため、一次部品メーカーに部品の設計・開発を委託する方向にある。つまり、これに伴う変化は、自動車メーカーと部品メーカーとの企業間システム

の取引に変化が生じていることである。そして、今後さらなるコスト削減のために、さらに多くの部品のモジュール化が進展して行くものと予想される。

次に、次世代車の発展に伴う変化は、駆動系技術を開発するために、新規企業が参加した共同開発になるであろう。したがって、従来の自動車産業構造は垂直階層だけではなく、水平構造も加わるものと予想される。そして、現在、次世代車に搭載する駆動系は、まだまだ改善すべき点があるが、各企業間の共同開発により、燃料電池、バッテリー、電気モーター、水素貯蔵タンクおよびそれらのインタフェースが標準化されるように設計されれば、一体化される駆動系モジュールは、さらに革新的なものになることが期待できる。

また、製品アーキテクチャ特性の視点からみると、従来、自動車はクローズド・インテグラル型と位置付けられているが、今後部品モジュール化が進展し、さらに次世代車へと移行していくと、自動車はクローズド・モジュラー型へと移行していくと考えられる。

「参考文献」

- 1) 藤本隆広, 武石彰, 青島矢一, ビジネス・アーキテクチャ, (2004) pp. 4-7.
- 2) 日経 PB 社, 21 世紀のクルマはこうなる, (1998), pp. 105-107.
- 3) 日刊自動車新聞社, 国際再編と新たな始動, (2005), pp. 52-69.
- 4) 黒川文子, 製品開発の組織能力, (2005), pp. 46-51.
- 5) 土屋勉男, 大鹿隆, 日本自動車産業の実力, (2000), pp. 120-140.
- 6) 日刊自動車新聞社, 国際再編と新たな始動, (2005), pp. 32-49.
- 7) 燃料電池車の構造

<http://www.jafmate.co.jp/mate-a/cvnews/report/rep200312fcev1.html>