

〔論 説〕

自動車企業におけるモジュール化の新展開

——新興国市場急拡大とパワートレイン多様化のインパクト——

宇 山 通

〔要 旨〕

自動車は3万点にも及ぶ部品から構成される複雑な製品である。この複雑さゆえに部品間の相互依存性を下げることは困難であり、自動車はモジュール化しにくいと従来論じられてきた。過去議論された自動車企業におけるモジュール化とは、製造と調達に関するものであり、製品レベルでのものではなかった。

ところが2010年前後よりVWと日産が、自動車（製品）のモジュール化を開始したと、経済紙、自動車業界紙が報じている。両社はモデルを跨いだモジュールの共通化を計画、実行している。

このように今日のモジュール化は過去の議論の枠内では十分に把握しきれない。本稿は今日みられる自動車のモジュール化について、その特徴と要因を考察する。

1 はじめに

企業は複数のモデルでモジュール¹⁾を共通化することで、製品のコストを下げるができる。また諸モジュールの組み合わせを変えることで、製品の多様性を高めることができる。つまりモジュールの共通化と各モジュールの組み合わせにより、コストと多様性を同時に向上できる。ただしそのためには各モジュールを機能完結させた上で、モジュール間のインターフェースを定めていなければならない。ところが自動車の3万点にも及ぶ部品を機能完結させることは困難であり、自動車（製品）はモジュール化しにくいと従来論じられてきた²⁾。過去自動車企業においてみられたモジュール化とは、製造と調達に関するものであり、製品レベルではモジュール化されなかったのである³⁾。

ところが2010年前後より自動車（製品）のモジュール化が開始されたこと、経済紙、自動車業界紙が報じている⁴⁾。フォルクスワーゲン(株)（以下、VWと略記）と日産自動車(株)（以下、日産と略記）がモデルを跨ぎモジュールを共通化させていることからわかるように⁵⁾、製品のモジュール化が進展してきている⁶⁾。

このように今日のモジュール化は過去の議論の枠内では十分に把握しきれない。そこで本稿は第1に今日みられる自動車のモジュール化の範囲と効果について考察する。困難とされたモジュール化がどの程度進められ、結果自動車企業が得た競争上の利点について示す。第2に困難とされた製品のモジュール化に自動車企業が取り組んだ背景について考察する。これら2点の考察により、自動車企業におけるモジュール化の新たな展開とその要因について述べることができるだろう。

以下、第2節で製品のモジュール化により得られる競争上の利点について、先行研究を用い整理する。次に第3節で1990年代、2000年代におけるモジュール化について検討する。VW、日産が2010年前後から新たなモジュール化へと向かった道筋を描く上で、その前段階を考察しておく。そして第4節において自動車（製品）のモジュール化とその要因を分析する。最後に第5節で考察結果と今後の課題を述べる。

2 製品モジュール化のもつ競争合理性

管見の限りではUlrich, K. and Tung, K. (1991) が製品のモジュール化により得られる競争上のメリットとデメリットを最も明確に提示している（表1参照）。以下の円で囲まれた数字は同表のそれと対応している。

表1 製品のモジュール化のメリット、デメリット

メリット	デメリット
① モジュールの量産	① 革新的設計の妨げ
② 新製品設計の容易化	② サイズ、質量最適化の妨げ
③ 製品多様性の向上	③ ライバルによる模倣の容易化
④ リードタイム（受注～納品）の短縮	④ 1モジュール当たり変動費の上昇
⑤ 作業の分離・同時進行	⑤ 差異化失敗のリスクの上昇
⑥ 作業の専門特化	
⑦ モジュール単位での機能検査等	
⑧ 消耗部分のみ別途供給	
⑨ 製造等の促進	
⑩ 修理、廃棄の容易化	

出所) Ulrich, K. and Tung, K. (1991), pp. 75-77より作成。

① 機能完結モジュールは様々な製品に組み込むことができる。それゆえこのモジュールは1つの製品のみに組み込まれるモジュールよりも量産できる。またその結果として当該モジュールの信頼性が向上する⁷⁾。

② 各モジュールが機能完結していれば、設計変更を要するモジュールのみ設計し直し、そ

他のモジュールは既存のものを利用していても、新製品として機能させられる。この意味においてモジュール化された製品の設計は容易である⁸⁾。

③ 各モジュールが機能完結しており、かつモジュール間のインターフェースが厳格に定められていれば、諸モジュールの組み合わせにより製品を作りあげることができる。よってこの組み合わせが製品の多様性をもたらす⁹⁾。

④ ①のモジュールは標準品としての性格をもつ。標準品である諸モジュールをストックし、③の方法で製品に変えるか、あるいは標準品である諸モジュールに一部特殊品を組み付け、製品とすることで、受注から納品までのリードタイムを短縮できる¹⁰⁾。

⑤ 機能完結モジュールの設計においては、各種設計作業を分離して実施できる。この分離により第1に作業を単純化できる。第2に同時並行的に各種設計を進めることができる¹¹⁾。これら2つの利点は製造、検査においても該当する。

⑥ ⑤の分離により、各種設計、製造作業において専門化が進展する。

⑦ 機能完結モジュールであれば、当該モジュールのみの機能検査が可能である。機能完結していないモジュールであれば、各モジュールを製品へと組み立てない限り、機能検査できない。また機能完結モジュールであれば、諸モジュール間の関係が単純であるため、その関係について容易にシミュレーションできる。

⑧ 各モジュールが機能完結していることから、製品のなかで消耗の激しい部分のみを別途供給できる。

⑨ ⑤の結果、1つの塊として製造困難なものを複数のモジュールに分けて製造することが可能となったり、用途に応じて製品の一部の形状を変えることも可能となったりする。

⑩ 各モジュールが機能完結していることから、故障したモジュールのみを製品から分離し、その修理また廃棄を容易に行うことができる¹²⁾。

一方モジュール化のデメリットとしては、以下の5点が指摘されている。①～③はモジュール化そのものにより直接的にもたらされ、④⑤は高度にモジュール化された製品を使用することでもたらされる。

① 特定の機能、構造関係を前提とした製品設計となるため、その関係の変更につながる革新的な設計は行いにくい。

② 高度にモジュール化された製品においては、諸部品を機能完結させるための機構が設けられている。一方モジュール化されていない製品にはその機構は存在しない。ゆえに高度にモジュール化された製品はサイズ、質量において無駄が存在する。

③ 各部品の機能が明白であり、諸部品間の関係がわかりやすいため、高度にモジュール化

された製品はライバルから模倣されやすい。

④ 機能完結したモジュールを多様な製品に組み入れる場合、そのモジュールはそれら諸製品のなかで最も厳しい条件（たとえば強度が最も高いこと）を満たさなければならない。したがって緩い条件でも機能しうる製品においては、当該モジュールは過剰仕様となる。ゆえに製品のモジュール化により1モジュール当たり変動費が高くなる。

⑤ 多様な製品に同一のモジュールを組み入れる場合、同じモジュールが利用されるがゆえに諸製品間で十分に差異化できなくなる可能性が高い。

以上のように製品のモジュール化には競争上のメリット、デメリット双方存在する。しかし企業がより低いコストでより高い製品多様性を求めるなかで、製品のモジュール化に注目が集まるという¹³⁾。

3 製造、調達のモジュール化（1990年代、2000年代）

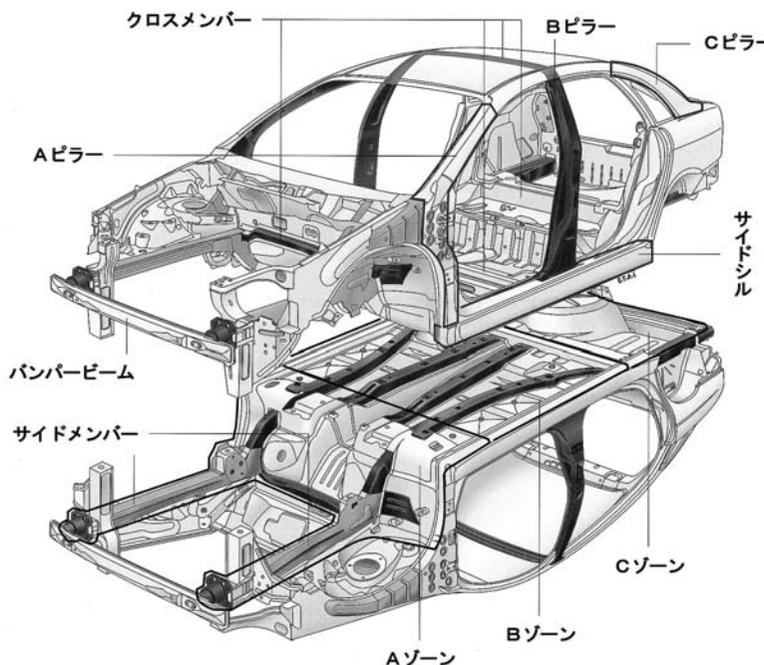
自動車企業は1990年代中頃から製造と調達に関してモジュール化を本格化させた¹⁴⁾。具体的には主にフロントエンドモジュール、ドアモジュール、コックピットモジュール等が最終組立ラインの外でサブアッセンブリーされた（製造のモジュール化）。このサブアッセンブリーをサプライヤにまかせる動き（調達のモジュール化）は、日本よりも欧米において多くみられた¹⁵⁾。

当時のモジュール化の目的は次の通りである¹⁶⁾。製造のモジュール化は作業負担軽減及びその結果としての品質向上が目的であった。たとえばメイン組立ラインで車内に入り、身をかがめて各種パーツを組み付けるよりも、サブ組立ラインで治具上に各種パーツをサブアッセンブリーした方が組み付け姿勢に無理がなくなり、身体にかかる負担は小さくなる¹⁷⁾。また無理な組み付け姿勢が解消されることで、不良発生も減少する¹⁸⁾。

調達のモジュール化は欧米と日本とで導入目的が異なった。欧米では自動車企業とサプライヤとの間の賃金格差が大きく¹⁹⁾、それが調達のモジュール化の1因となった²⁰⁾。一方日本では個別部品ではなくモジュールレベルで設計することでコスト削減²¹⁾と性能向上²²⁾を狙うことが調達のモジュール化の1因となっていた²³⁾。

このように1990年代、2000年代におけるモジュール化は、部品共通化を目的として進められてはいないことがわかる。部品共通化はコスト削減の強力な手法であるが、当時はモジュール化とは別の手法で部品共通化が進められていた。それはプラットフォームの共通化である。プラットフォームは自動車のアンダーボディに該当する（図1参照）。プラットフォームの設計には数百億円を要し²⁴⁾、また同じプラットフォームであれば通常共通の部品（エンジン等）を

図1 プラットフォームの外観



注) 太線で囲まれた箇所がプラットフォームである。なお上図はモノコック構造の自動車におけるプラットフォームである。

図中の各用語の意味は次の通りである。サイドシルのシルとは「敷き居。土台」(大須賀, 2009, 199ページ) のことである。バンパービームのビームとは「曲げの力を受ける棒材」(同, 357ページ) である。ピラーとは「支柱のことで、屋根を支え、車体の強度の一部を担っている。セダン型を横から見て前からフロント・ピラー (Aピラー)、センタ・ピラー (Bピラー)、リヤ・ピラー (Cピラー) と呼ぶ」(同, 363ページ)。メンバーとは「アンダーボディなどに用いられている骨状のもので、強度や剛性を上げるために用いられている。前後や左右方向のねじれや曲げを防ぐために用いられるが、車両に対して横方向へのびるものがクロスメンバー、前後方向にのびるものがサイドメンバーと呼ばれる」(GP企画センター, 1993, 32ページ)。出所) 牧野 (2008), 24ページより転載 (フォントのみ変更)。

組み付けられる。よってプラットフォームの共通化はコスト競争力を高めるとされた²⁵⁾。

日本自動車企業の場合、1990年代初頭まで製品ごとの最適化が図られたため、プラットフォームは次々に増加していった。だがいわゆるバブル経済の崩壊後、低迷する国内市場へ対応するために²⁶⁾、プラットフォーム数を削減する (同一プラットフォームを複数車種で利用する) 動きがみられるようになった²⁷⁾。

欧州においてもほぼ同時期からプラットフォーム数の削減がみられた。1990年代前半欧州自動車企業8社はボディタイプ²⁸⁾の種類を大幅に増やしたが、それに見合うだけ生産台数を伸ばすことができず、1ボディタイプあたり生産台数を著しく低下させてしまった。そこで1990年代中頃よりプラットフォーム数を削減し、1プラットフォームあたりでみたときのボディタイプ数と生産台数を増やしたのである (表2参照)²⁹⁾。

表2 欧州車1プラットフォーム、1ボディタイプ当り生産台数推移(1990, 1995~2002年)

(単位:台)

	1990年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年
プラットフォーム数	60	60	57	56	53	49	43	43	46
ボディタイプ数	88	137	139	148	157	159	167	175	179
1プラットフォーム当り生産台数	190	166	178	191	218	244	285	283	269
1ボディタイプ当り生産台数	129	73	73	72	74	75	73	70	69

出所) Pil and Holweg (2004), p.399, 表3の一部を転載。

以上のように1990年代中頃からプラットフォームを単位に部品の共通化が進展していった³⁰⁾。差別化は主にアッパーボディ³¹⁾で行われた。一方当時のモジュールは共通化の手段ではなく³²⁾、作業負担軽減、品質向上、機能統合等によるコスト削減、性能向上に用いられた。

4 製品のモジュール化 (2010年前後)

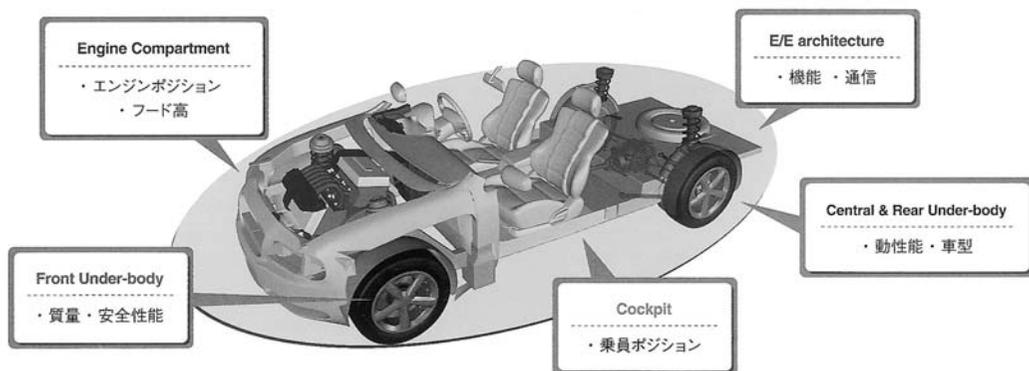
4.1 特徴

ここでは各種経済紙、自動車業界紙で報じられている範囲において、日産とVWによる製品のモジュール化の特徴を分析する。

(1) 日産の事例

日産はCMF³³⁾と呼ばれる設計手法によって製品をモジュール化させている。CMFの第1の特徴は自動車の基本骨格の分割にある(図2参照)。2013年時点、C、Dセグメントに関して、エンジンルームモジュールはフードの高さを基準に2種類、前部アンダーボディモジュールは重量を基準に3種類、コックピットモジュールは座席の高さを基準に3種類、中央・後部アン

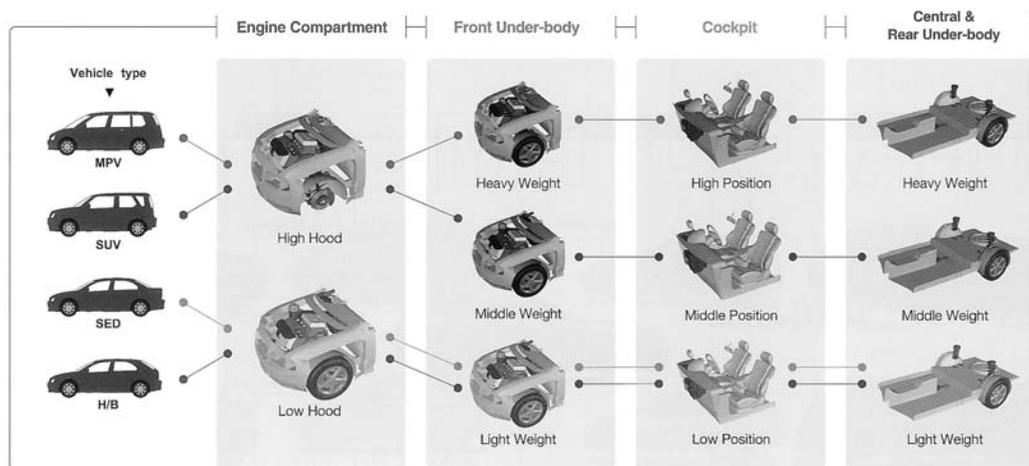
図2 CMFにおける5つのモジュール



注) テキストボックスの破線上側は各モジュールの名称, 下側は各モジュールの機能を意味している。
出所) 井上・熊谷 (2012), 38ページより転載。

ダーボディモジュールは重量を基準に3種類用意されている（図3参照）。モジュール間のインターフェースは日産によって定義されており³⁴⁾、各モジュールの組合せにより多様な車種を作り出すことが可能となっている³⁵⁾。

図3 CMFにおけるモジュールの組み合わせ



注) C, Dセグメントの場合。
出所) 井上・熊谷 (2012), 38ページより転載。

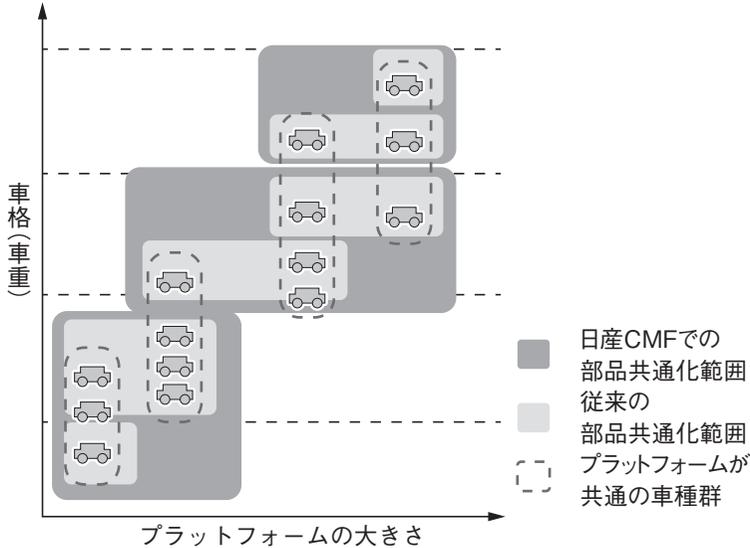
また基本骨格を1つのプラットフォームではなく、5つのモジュールで構成することにより、基本骨格構成部品の多くを共通化できる。これには2つの理由がある。まずモジュールで基本骨格を構成した方が、プラットフォームでそれを構成するよりも、上位統合せずにすむからである³⁶⁾。

次に固定部が設定しやすくなるからである。共通化率を一定程度維持しながら多様な製品を設計するためには、モデル間で設計を共通化させる固定部と変化させる変動部とに、部品を分けなければならない。プラットフォームでは関連する機能が多く固定部を決めることが困難である。一方モジュール間に跨る機能が少なければ、比較的容易に固定部と変動部とを分けることができる³⁷⁾。よって高度にモジュール化された製品であれば、より厳格に固定部を設けられるため、容易に部品共通化を進めることができる。

CMFによるモジュール化の第2の特徴は、各モジュールの分類基準（前部アンダーボディモジュールであれば車重）にある。たとえばエアコンユニットは車重によって求められる性能が異なるため、同じプラットフォームであっても車重差が大きい場合（Dプラットフォームのミニバンとセダン等）、エアコンユニットを共通化できない。一方前部アンダーボディモジュールは車重によって分割されているため、エアコンユニットの重量ごとに同じモジュールを用意

することで、エアコンユニットを広範囲に亘って共通化できる（図4参照）³⁸⁾。こうした各モジュールの分類により基本骨格に組み付ける部品をより共通化できる³⁹⁾。

図4 CMFによる部品共通化範囲の拡張



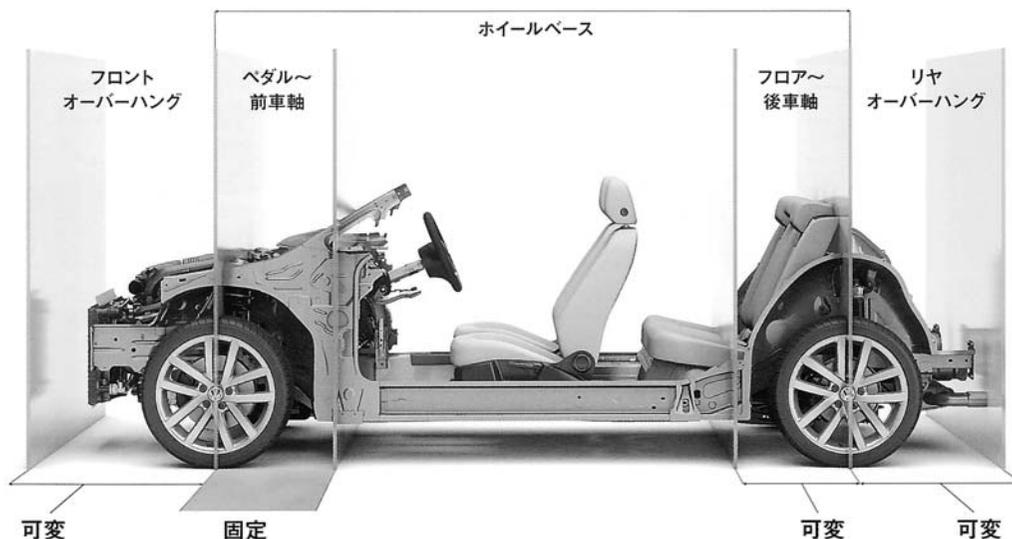
注) エアコンユニットの共通化の事例。
出所) 高野 (2012), 24ページより転載。

(2) VW の事例

VW は Modular Toolkit という設計手法によって製品をモジュール化させている⁴⁰⁾。この設計手法は車両セグメントにより担当グループ企業に分かれており、設計手法の名称も異なっている。A0未満の小型車両に関してはVWが担当するニュー・スモール・ファミリー（略称NSF）、A0からBセグメントの車両に関してはVWが担当するモジュラー・トランスバース・マトリックス（略称MQB）、エンジン縦置き的大型モデルはアウディ(株)が担当するモジュラー・ロンギチューディナル・プラットフォーム（略称MLB）、フルサイズカーやスポーツカーはポルシェ(株)が担当するモジュラー・スポーツカー・システム（略称MSB）という⁴¹⁾。これらのうちMQBが最も生産規模が大きく⁴²⁾、関連資料も多いため、以下 Modular Toolkit のなかでMQBをとりあげる。

MQBの第1の特徴は、自動車の基本骨格の分割にある。基本骨格に該当するプラットフォームを5つの巨大なモジュールに分割している（図5参照）。これらのうちペダルから前車軸に亘るモジュールはデザインが固定され、その他のモジュールについては自由に変更できる。ゆ

図5 VWにおけるプラットフォームのモジュール分割
可変



出所) 株三栄書房 (2012), 53ページより転載。

えにパワートレイン⁴³⁾、エアコンユニット等、コストの6割を占める部品を組み付ける箇所を多様なセグメントで共通化させながら⁴⁴⁾、同時に様々な形状、サイズの自動車を生み出すことが可能となっている⁴⁵⁾。モジュールではなく、プラットフォームを共通化の単位にした場合、図5における可変部分を作り出すことができないため、同じ基本骨格で多様なセグメントをカバーすることはできない。

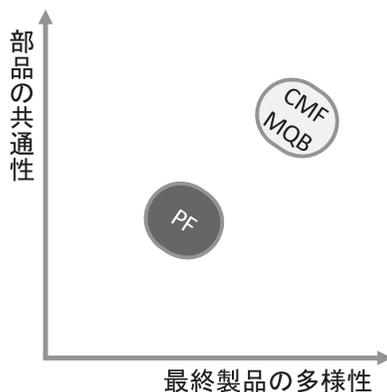
MQBの第2の特徴は、パワートレインのインターフェースが厳密に定義されていることである⁴⁶⁾。ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、CNGエンジン、LPGエンジン、エタノールエンジン、ハイブリッドエンジン、電動駆動装置、いずれの動力発生機構であっても、その搭載位置は全て揃えられている。これによりそれらに組み付けるミッションの位置も共通化され、排気量、出力を多様に用意しながら同時に動力発生機構とミッションとの組み合わせの数を従来比で88%も削減している⁴⁷⁾。

(3) モジュール化の今日の特徴

CMF、MQBいずれにおいても自動車の基本骨格の分割を重要な特徴として指摘できる。これにより第1に骨格部分の多様な組み合わせが可能となった。第2に骨格が分割されることでプラットフォームと比べ、諸製品間で共通部分が容易に設定できるようになった。第3に自動車の骨格そのものだけでなく、それに組み付けるエンジン等の共通化も容易となっていた。

しかもその共通化はセグメントを跨ぐものであった⁴⁸⁾。よって今日のモジュール化の意義は、プラットフォームではなく諸モジュールによって構成される基本骨格を用いることで、製品の多様化とその構成要素の共通化を同時に進めた点に求められるだろう（図6参照⁴⁹⁾。

図6 基本骨格構成単位と製品多様化、部品共通化との関係に関する概念図



注) PFはプラットフォームのこと。
出所) 筆者作成。

一方各モジュールの機能完結度は決して十分とはいえないだろう。たとえば静粛性はサスペンション、ボディ、エンジン等様々なモジュールを跨ぐ機能であり、1つのモジュールのなかで機能完結させることは困難である。実際に図2のモジュールをみても静粛性に関する記載はない。機能完結度が低ければ、モジュール化のメリット（表1参照）を十分に享受することはできない。

このように自動車を構成する全てのモジュールにおいて機能完結が進められたわけではないものの、基本骨格部分においてはモジュール化が進展している。次にこの要因を考察する。

4.2 要因

前節で示したようにプラットフォームによる部品共通化が進められたのは1990年代中頃からであり、モジュールによる部品共通化（製品のモジュール化）が進められたのは2010年前後からであった。そこでまず1990年代中頃から2010年前後までに市場がいかなる変容を遂げたのかについて分析する。

(1) 市場の変容

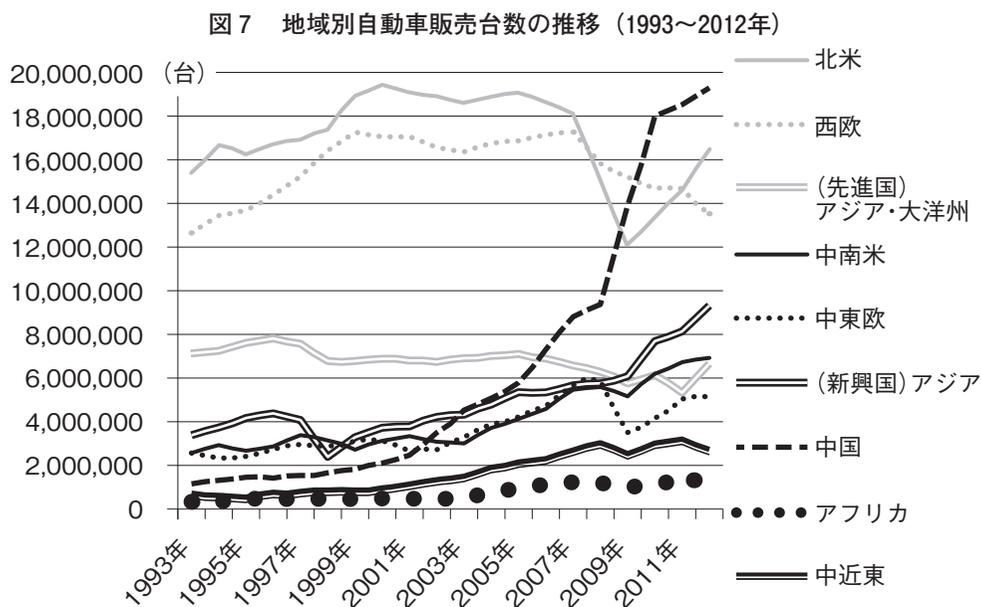
着目するのは量販可能な地域が広がったことである（図7参照）。2001年までは先進国で市場全体の75%以上を占めていた（同図グレーの折れ線が先進国）。1993年から2001年まで新興

国の年平均販売台数増加率は約3%と緩やかであった（同図ブラックの折れ線が新興国）。ところが2002年から2012年の同増加率は約12%にも達し、新興国における販売台数は急速に伸びていった。2010年には新興国における販売台数が先進国におけるそれを上回った。

ゆえに自動車企業にとって新興国市場に適合した車種の生産は極めて重要な課題となった。中国、インド、ブラジル等様々な新興国市場に共通する特徴は製品価格にある。たとえばインドでは1人当たり名目GDPが年間11万円程度に過ぎず、100万円以下の自動車が市場の大半を占めている⁵⁰⁾。

さらに新興国市場は地域により需要内容が大きく異なっている⁵¹⁾。たとえば運転時に発生する騒音は、中国やブラジルでは強く意識されるが⁵²⁾、インドではそれほど意識されない⁵³⁾。一方インドは湿度が高く、最高気温40度を超える地域もあるため、エアコンの冷風に関しては強く意識される⁵⁴⁾。

こうした新興国市場の拡大に加え、いわゆるエコカーへの対応も製品多様化を推し進める要因となっている⁵⁵⁾。CMF、MQBを展開している日産グループとVWグループを対象に、2001年時点での動力源別自動車仕様数と2012年時点でのそれとを比較すると（表3参照）、第1に動力源そのものが多様化していることがわかる。液体ガス、天然ガス、ガソリンとエタノール



注) 折れ線の色で先進国と新興国とを分けている。グレーが先進国、ブラックが新興国である。

中国は独立の項目とし、アジアに含めない。(先進国) アジア・大洋州は日本、シンガポール、ブルネイ、オーストラリア、ニュージーランドを指す。これら以外のアジアの国々が(新興国) アジアに該当する。

出所) ㈱フォーイン企画調査部(2013)、3ページより作成。

表3 動力源別仕様数の変化

	日産グループ		VW グループ	
	2001年	2012年	2001年	2012年
ガソリン・レギュラー	23	64	29	19
同・プレミアム	82	110	110	249
同・スーパープレミアム	1	4	68	63
ディーゼル	43	92	114	225
液体ガス	0	0	0	7
天然ガス	0	0	0	3
ガソリン， エタノール混合物	0	14	0	12
電気	0	3	0	0
不明	0	2	0	3
合 計	149	289	321	581

注) 各グループの構成企業名を略称で示すと、日産グループは日産、ルノー、アフトワズ(2012年のみ)、VWグループはアウディ、ベントレー、ブガッティ、ランボルギーニ、セアト、シュコダ、VW、ポルシェ(2012年のみ)である。ただしブガッティの動力源は確認できなかった。

2001年の数値に関して、日産はインフィニティを含む。VWはFAW-VW、上海-VW、VWアルゼンチン、VWブラジル、VWメキシコ、VW南アフリカを含む。ルノーはルノーアルゼンチン、ルノートルコ、サムスンを含む。2012年の数値に関して、アウディはアウディ Chinaを含む。日産はインフィニティ、日産ブラジル、日産中国、日産インド、日産南アフリカを含む。ルノーはルノーアルゼンチン、ルノーブラジル、ルノートルコ、サムスンを含む。VWはVWアルゼンチン、VWブラジル、VW中国、VWロシア、VW南アフリカを含む。

出所) 成美堂出版編集部(2002)、221、223、233、241、243、253、255、261、263、265、267、275、277、279ページ；(株)フォーイン(2012)、165、167、169、171、203、205、207、221、223、231、233、235、237、239、241、251、253、255、257ページより作成。

との混合物⁵⁶⁾、電気が新たな動力源として登場している。日産、VW両グループはこれら新たな動力源へ対応しなければならなくなった。

第2にディーゼル車の急増である。日産グループ、VWグループともに、ディーゼル車の仕様数は2001年の2倍程度まで増加している。ディーゼル車はガソリン車よりも燃費に優れ、かつ二酸化炭素排出量が少ないため⁵⁷⁾、ガソリン系の自動車に加え、ディーゼル車も幅広く供給する必要性が高まったことが窺える。

以上のように2002年頃からの新興国市場の急拡大により、低コスト化と多様化を同時に進めることが競争の焦点となった。後者はいわゆるエコカーへの対応からも重要であった。

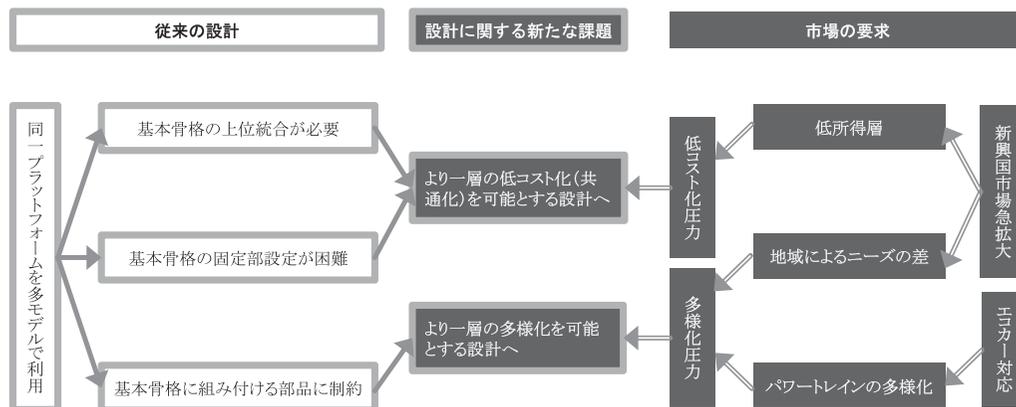
(2) 従来の設計手法の限界と新たな展開

自動車企業における低コスト化の極めて重要な手段は部品の共通化であった。この共通化の単位として1990年代中頃からプラットフォームが設定されてきた。多様化はアッパーボディ部分で実施されてきた。

ところが同一プラットフォームを多モデルで利用することにより、第1に最も要求条件の厳しいモデルに合わせたプラットフォームの上位統合が必要となった(4.1参照)。第2にプラットフォーム構成部品間では相互作用する機能が多すぎるため、多モデル共通設計の固定部を設定しにくかった(4.1参照)。これらは部品の共通性、延いてはコストに関わる問題である。第3に日産のエアコンユニットの例でみたように、プラットフォームに各種部品を組み付ける場合、同一セグメント内であっても必ずしも同じユニットを組み付けられるわけではなかった。これは製品多様性に関わる問題である。

これらプラットフォームを前提とした設計手法がもつコスト、多様性に関する問題は、前述の市場の変容(低コスト圧力、多様化圧力の増大)によって、解決すべき重大な課題となっていた(図8参照)。すなわち変容する市場とプラットフォームを前提とした設計との不適合が拡大することにより、より一層の低コスト化と多様化を同時に可能とする設計手法が強く求められるようになり、製品のモジュール化が進められた(CMF, MQBが開発された)と考えられる⁵⁸⁾。

図8 プラットフォームを前提とした設計における問題点の顕在化



出所) 筆者作成。

なお日産、VW 両社ともにグループレベルでCMF, MQBを展開している。これは1企業内部のみでなく、多数のグループ構成企業間で基本骨格モジュールを共通化させ、組み付け可能な部品の種類を広げた方が、低コスト化、多様化の効果がより得られるからであるといえよう。

5 おわりに

共通性（低コスト）と多様性の同時追求は、1990年代中頃から続く自動車企業の競争の焦点である。従来はこれを達成する手段として、プラットフォームを複数のモデルで共通化させ、アッパーボディでの多様化が実施されていた。しかし2002年頃から新興国市場が急拡大し、またいわゆるエコカーの重要性が高まるにつれ、プラットフォームを前提とした設計では、市場の求める低コスト（共通性）と多様性を満たせないことが明らかとなっていった。そこで、従来よりも高い水準で共通性と多様性を両立させることが課題となった。この課題への対応として、日産、VWにおいては、自動車の基本骨格部分の分割、モジュール化がなされた。これにより全てのモジュールが機能完結したわけではないものの、諸部品の共通化、製品の多様化が従来よりも進展したのであった⁵⁹⁾。

以上の議論から、単なる製造や調達のコモディゼーションを超え、困難とされた製品のモジュール化へと自動車企業が進んだ要因は、市場の急激な変容（低価格で多様な製品が急速に求められるようになったこと）により従来の設計手法（プラットフォームを前提とした共通化、多様化）が限界を露呈したことにあるといえよう。

前述の市場の変容は本稿で取り上げた日産、VW以外の多くの自動車企業に共通の問題である。しかしそれら多くの企業が皆、製品のモジュール化を追及しているわけではない⁶⁰⁾。このことは自動車企業による製品設計手法の選択へ影響を与える要因が、市場以外にも存在することを意味している。市場以外の要因も併せて考察し、自動車企業による製品設計の新たな展開について多面的に描くことを今後の課題とする。

【付記】

本研究は科学研究費基金（若手研究(B)）（課題番号：25780261）の助成を受けたものである。

注

- 1) モジュールに類似した用語を整理しておく（具，2008，9～11ページ）。モジュラー型アーキテクチャ（設計思想）は部品間の機能要素と構造要素が1対1の関係にあり、各部品が機能完結していることを意味する。よってモジュール化は諸部品の機能要素と構造要素が多対多の関係（インテグラル型アーキテクチャ）から1対1の関係へと近づいていく（各部品の機能完結度が高まっていく）過程を意味する。モジュールは物的な塊を意味し、部品の機能完結性を前提にはしていない。
- 2) 藤本（2003）は「顧客からみて重要な機能（例えば『乗り心地』）を達成するには、製品全体に展開した多くの部品（例えばエンジン、動力伝達系、タイヤ、ボディ全体、サスペンション、シートなど）が調和的に連動する必要がある」（99ページ）とし、「この傾向は、ユーザーが自動車の消費体験を積み重ね、製品評

価の鑑識眼を高めるにつれて、さらに顕著になる」(99ページ)と述べる。また「自動車では、環境・エネルギー問題ゆえに、軽量化やスペース効率アップが長期的に至上命題となるので、重量アップや冗長設計につながりやすいモジュラー設計には限界がある」(100ページ)と論じている。関連して柴田(2012)は、仮に現在のエンジン自動車が簡素な構造の電気自動車へと転換したならば、自動車のモジュール化が進展すると推論している(66~67ページ)。この推論は現行の製品(ガソリン自動車)を前提とする限りにおいては、自動車の全面的なモジュール化は困難であるという見解でもある。

- 3) 岩城・目代(2007), 620ページ。なお3つのモジュール化の意味は次の通りである(武石・藤本・具, 2001, 101~107ページ)。まず製品のモジュール化は部品間の相互依存性が減少する(各部品の機能完結性が向上する)ことを意味する。次に製造のモジュール化は製造性を高められるよう部品をモジュールにすることを意味する。組立工程でいえばこのモジュール化はサブアッシーを意味する。なお製造のモジュール化は出所資料においては生産のモジュール化とされていたが、設計等製造以外の段階を含まない用語としては生産よりも製造が適当であると考え、ここでは製造のモジュール化という用語を用いた。最後に調達済みのモジュール化はサブアッシー工程のサプライヤーへの外注を意味する。

併せて製品モジュール化の成立条件について述べておく。製品設計の段階で各部品の機能が完結するように、全体の分割方法、各部分の統合方法を考案する。この分割と統合の方法を決定する際に関連する組織間での調整が必要となる(具, 2008, 218~219ページ; 柴田, 2012, 93~95ページ; 延岡, 2006, 80~81ページ)。

よって製品モジュール化の成立条件は、関連組織間での調整能力の高低、あるいは各部品の機能完結の容易さ(製品の単純さ)にあることがわかる。自動車産業において製品のモジュール化がみられなかったのは、自動車の部品点数からわかるように製品が極めて複雑であり、調整に関する組織能力がそれをカバーしきれていないからであると論じられている(柴田, 2012, 64~66ページ)。

無論乗員ポジションを決定するモジュール等、機能完結が容易なモジュールも存在する。しかし現状では上記の議論からもわかるように全面的なモジュール化は困難であるといえる。

- 4) 本稿4.1に使用されている雑誌記事を参照のこと。
- 5) VWでは2007年~2011年の間にグループ企業であるアウディ(株)のA4~A8においてモジュールを共通化させている。2012年にはGolf, アウディ(株)のA3, 同じくグループ企業であるセアト(株)のLeonにおいてモジュールを共通化させている(株)フォーイン世界調査部, 2012, 99ページ)。一方日産では2013年後半よりエクストレイル, ローグ, キャッシュカイ(日本名デューアリス)の3車種, 2014年後半にグループ企業であるルノー(株)で11車種, 合計14車種をCMFの第1弾として上市するという(『日刊自動車新聞』2013年6月21日付)。
- 6) 各部品が機能完結し、同時に各部品のインターフェースが厳密に定められていれば、諸部品間で様々な相互作用が働いている場合よりもモデルを跨いだモジュールの共通化が容易となる(Ulrich, K. and Tung, K., 1991, p. 75)。
- 7) 同じモジュールを量産することで、そのモジュールの生産に必要な経験が蓄積されるからである(Ulrich, K., 1995, p. 432)。
- 8) ただしこの設計の容易化に関するメリットは、設計プロセス全体に亘って該当するわけではない。設計プロセスをコンセプト作成, 製品全体に関する設計, 部品等詳細設計, 検証・改良の4段階に分けたとき(Ulrich, K., 1995, pp. 434-435), ②のメリットが該当するのは部品等詳細設計段階である。高度にモジュール化された製品の全体設計に関してはむしろデメリットが発生する。なぜならモジュール化を前提とせず製品を設計する場合、部品間の相互依存性について考慮せずに、製品を各モジュールへと分割できるが、高度にモジュール化される製品の設計においては、各モジュールが独立性をもつよう考慮した上で、製品を各モジュールへと分割しなければならぬからである(Ulrich, K., 1995, p. 435)。

これに関連して「モジュラー型の場合、各企業が商品開発に取り組む時点では、すでに部品間調整の多く

は終わっているのである。つまり、『事前の調整』の結果、デザイン・ルール（製品の各モジュールへの分割方法、各モジュールの製品への統合方法に関するルール引用者）が定められている。それが、モジュラー型のアーキテクチャなのである。（中略引用者）他方、インテグラル型では、各企業が実際に商品開発をやりながら部品間の調整を実施しなくてはならない。つまり、モジュラー型の前調整に対して、事後の調整である。事後の調整のメリットは、予測ができない問題にもうまく対応できる点である。モジュラー型の前調整で決めるデザイン・ルールでは、標準化したシステム統合しかできないので、各商品に合った細かい調整はできないのである。ただし、インテグラル型では、事後的な細かい調整ができることの対価として、各企業が別途調整を必要とするために、余分なコストがかかってしまう」（延岡、2006、80～81ページ）という議論や、デザイン・ルールが決まった後の段階と「デザイン・ルールを創造する段階では事情が全く異なる。日本はモジュール化と相性が悪いという言葉が語られる時、デザイン・ルールが決まればすり合わせが不要になる状態を指して、モジュール化と相性が悪いと言っているのであって、デザイン・ルールを作る作業を意味しているのではない。それどころか、デザイン・ルールを作る段階はこれまでのところほとんど議論されてこなかったと言ってもよい。どうルールを作るのかという話と、決まったルールをどう運用するのかという話は全く別物である。決まったルールを運用するのにすり合わせが不要であるという事実は、ルールを作るのにもすり合わせが不要だということには必ずしもならないはずだ」（柴田、2012、93～94ページ）という議論がある。

9) これに関連して Pine (1993) は、モジュールの組み合わせによるマスカスタマイゼーションについて論じている (pp.196-211)。

なお設備の柔軟性（製造レベルでの柔軟性）により製品多様性を高めることも可能である。しかし Ulrich, K. (1995) は設備の柔軟性よりもモジュラー型アーキテクチャの方が、より少ない投資で高い製品多様性を得られると論じている (pp.428-429)。同様の議論は藤本 (2001) においてもみられる。氏は「できるだけ市場に近い段階（製品→部品→工程の順）で多様性・変化を削減した方が、より大きな量産効果が享受でき、コスト的には有利だ」（342ページ）と論じている。

10) 在庫により受注から納品までのリードタイムを短縮すれば、無論在庫回転率は悪化する。ゆえに④は在庫回転率とのバランスの上で追求されるメリットであるといえる。

11) 作業の単純化と同時並行により、設計に要するリードタイムが短縮される。そしてこのリードタイムの短縮により企業は市場変動へ即応できるようになる (Ulrich, K., 1995, p. 428, p. 432)。

12) 以上が Ulrich, K. and Tung, K. (1991) の提示したメリット一覧であるが、この一覧とは別の箇所において次のメリットも指摘されている。諸部品が機能完結されることで、各部品の生産者に対し責任を明確に割り当てられるという (p. 78)。

13) Ulrich, K. and Tung, K. (1991), p. 73。

14) 武石・藤本・具 (2001), 107ページ。なお日本自動車企業の場合、混流生産を効率化させる取組の結果として、製造のモジュール化が1990年代中頃よりも早い段階でみられるようになった。たとえばマツダでは1本のラインに流す車種の必要工数の差が、メインアッセンブリーラインの編成効率を低下させないよう、1970年代から同ラインが短縮され、その代わりにサブアッセンブリーラインが拡充されてきた。この結果として製造のモジュール化が進展してきたのである(株)日経BP, 2001a, 50ページ)。またこの製造のモジュール化においては「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」（岩城・目代、2007、617ページ）という効果も指摘されている。

15) 武石・藤本・具 (2001), 101ページ。

自動車企業におけるモジュール化の新展開

- 16) ここでは(社)日本自動車部品工業会(2001), 4~6ページで述べられていた目的を, 製造のモジュール化と調達に分類している。
- 17) (株)日経BP(2001a), 41~42ページ。
- 18) (株)日経BP(2001a), 56ページ。
- 19) 自動車企業の方がサプライヤよりも2~3割程度高いといわれていた((株)日経BP, 1999, 32ページ)。
- 20) この他にサプライヤ数削減による管理コストの削減や自動車企業の設計負担の削減が指摘されている((社)日本自動車部品工業会, 2001, 4~5ページ)。
- 21) 複数の機能を1つの部品にもたせることで部品点数を削減し, コストを下げるのが可能となる。たとえば日産はフロントエンドモジュールの部品点数を, 樹脂の工夫により4割削減した((株)日経BP, 2001a, 45ページ)。
- 22) たとえばそれまで別々に設計されていたタイヤ, ブレーキ, ショックアブソーバーを同時に設計することにより, ブレーキ単体では解決できなかった制動時の異音が大幅に低減された(小平, 2003, 11ページ)。
- 23) この他に自動車企業の設計負担の軽減や欧米自動車企業の調達にモジュール化への備え, 自動車企業の組立コスト削減が, 日本における調達モジュール化の要因として指摘されている((社)日本自動車部品工業会, 2001, 5~6ページ)。

なお調達のモジュール化を進めることにより, 自動車企業は企業間分業における境界線設定の問題に直面することとなった。部品単品ではなくモジュール単位でのアウトソーシングを進めれば, 当該モジュールに関する情報がブラックボックス化することにもなるからである。日産のように調達のモジュール化に積極的な企業もあれば((株)日経BP, 2001b, 41ページ), 本田技研工業(株)のように消極的な企業もあった(鶴原, 2000, 35ページ)。
- 24) 『日本経済新聞』2010年9月23日付朝刊。
- 25) 「程度にもよるが, プラットフォームが共通化できれば, 全くの新規設計の場合に比べ, 設備投資費用を半分は節約できるといわれる」(藤本, 2003, 318~319ページ)。
- 26) たとえばトヨタでは「開発部門で車台(プラットフォームを意味する—引用者)統合の話を以前から検討していた。ただ, 国内市場のシェア競争が激しかった時代やバブル経済期には, 少しでも目新しい車を欲しがるユーザーの求めに応じて新規車種を相次ぎ投入する必要があった。

このため統合の要(かなめ)にする車台をせっかく事前に決めても, 『開発の過程で改良を加えるたびに結果として新しい車台になってしまう』(トヨタ幹部)。開発陣も頭の片隅には『車台統合』の四文字がありながら, 新車台を作りたいのが本音。だが, 国内販売が冷え切った今, 懸案だった車台統合に取り組まざるを得なくなった」(『日経産業新聞』1999年2月26日付)。
- 27) たとえば「日本でもっとも小さい量産乗用車メーカーであった富士重工は, 一九九〇年代前半の経営危機からの立ち直りの過程で, プラットフォームの思いきった統合化を進めた。定義にもよるが, 一九九〇年代末の段階で, この企業の生産する数種類の小型車モデルは, すべて同一プラットフォームを共用していたといえる」(藤本, 2003, 319ページ)。
- 28) セダン, ハッチバック, クーペ, コンバーチブル, ステーションワゴン等を意味する。
- 29) Pil, F. and Holweg, M.(2004), p.395。VWはプラットフォームの共通化を最も積極的に進めた企業である。Golfのプラットフォームは同社グループ全体で年間約300万台に使用されていた(大竹, 2009, 53ページ)。
- 30) 同一プラットフォームから構成され, 年間生産規模100万台を超える自動車の生産台数が, 世界自動車生産台数に占める割合は, 2005年で15.4%, 2007年で21.1%, 2009年で21.7%, 2011年で32.3%にまで至るといふ統計がある(鶴原, 2012, 62ページ)。
- 31) 「車体の上面。ボデー上部」(大須賀, 2009, 17ページ)のこと。
- 32) たとえばVWがプラットフォームでモデル間の共通化を促し, フロントエンドモジュール等各種モジュール

ルでモデル間の差別化を図ったように (Wilhelm, B, 1997, p. 147), 当時のモジュールは共通化の単位, 手段ではなかった。

- 33) Common Module Family という用語が雑誌記事, 新聞紙上において CMF と略記されている (たとえば鶴原, 2012, 56ページ)。本稿においても CMF と略記する。
- 34) CMF を基に設計される自動車は「構造的にはモジュール製品であるパソコンと似ているが, 決定的に違う点がある。それは, パソコンはモジュール部品間のインターフェースを公開しているが, CMF は公開しない点だ。(中略—引用者) 自動車の場合, モジュール間の相互作用が安全や騒音に強く影響するため, シミュレーション技術などを駆使して最も適切な組み合わせを実現させることが自動車メーカーのノウハウである。このため『ネタ』がばれるようなインターフェースの公開はしないのである」(井上・熊谷, 2012, 39ページ)。
- 35) たとえば図2において安全性能に関する機能は, 前部アンダーボディモジュールのみに割り当てられている。よって地域により安全性能に関する要求が異なっても, このモジュールのみを変更し対応できる (高野, 2012, 24ページ)。
- 36) 同じプラットフォームから多様な自動車を設計する場合, 重量が重い SUV 等をそのセグメントのプラットフォームとして設定せざるを得ない。ところが重いプラットフォームでセダン等を設計すれば, 燃費等で問題が生ずる。そこでプラットフォームを共通化させるといっても, 実際には多くの箇所を再設計せざるを得ないのである (井上・熊谷, 2012, 39~40ページ)。
- 37) 高野 (2012), 24~25ページ。
- 38) では異なるプラットフォームで車重が近いもの間ではエアコンユニットの共通化ができるかといえそうではない。なぜならこの場合プラットフォーム間のインターフェースが異なるため取り付けられないからである (高野, 2012, 23ページ)。
- 39) 清水・鶴原 (2012), 20~21ページ。
- 40) 日野 (2012), 36~37ページ。
- 41) 安藤 (2013), 42~43ページ; 榎三栄書房 (2012), 52ページ。
- 42) 榎三栄書房 (2012), 52ページ。
- 43) 「エンジンから駆動車輪に至る動力伝達装置」(大須賀, 2009, 352ページ) のこと。
- 44) たとえば全てのエンジンとその関係部品 (排気系, ドライブシャフト, ミッション) の搭載位置が固定されている (Green Car Congress, 2012)。
- 45) 日野 (2012), 36~38ページ。
- 46) VW 研究開発部門技術プロジェクトマネージメント責任者フベルトゥス・レムケは「MQB によってモジュールとモジュールの間のインターフェースがきちんと定義され, 他の部分とのドッキングが簡単になっていく」(永田, 2013, 16ページ) と述べている。
- 47) 榎三栄書房 (2012), 55ページ。
- 48) 多モデルでのモジュール共通化が進展すればするほど, 大規模リコールの発生リスクが高まる。これへの対応として VW は品質を経営上の最優先事項としている (PA Consulting Group, 2012, p. 72)。
- 49) 無論 CMF, MQB により, モジュール化がもつ他のメリット (表1②, ④~⑩参照) も得やすくなっているといえる。しかしこれまでみてきたように, 両設計手法のベクトルは明らかに製品レベルでの多様化と部品レベルでの共通化にある。
なおここで述べた意義は効率性のみを視点としたときのものである。製品モジュール化と労働に関する問題との関係等を考察した上での意義ではない。
- 50) 山崎 (2011), 43ページ。
- 51) PA Consulting Group (2012) は VW が MQB 等 Modular Toolkit を利用することで, 各市場に応じた製品を供給できると述べている (p. 223)。

- 52) 『日刊自動車新聞』2012年12月13日付；『日経産業新聞』2012年9月4日付。
- 53) 『日刊自動車新聞』2011年7月19日付。
- 54) 山崎 (2011), 43~44ページ。なお比較的近距離にある国々においても市場の性格が異なる場合がある。たとえば同じ中南米に位置するメキシコとブラジルだが、前者の方が後者よりも高機能な自動車が望まれる (Scavarda, L. F., Reichhart, A., Silvio, H., Holweg, M., 2010, p.217)。
- 55) VW はハイブリッドシステムにせよ、電気自動車のシステムにせよ、これらをモジュール化することで、パワートレインの多様化に対応しようとしている (PA Consulting Group, 2012, p.118, p.216)。
- 56) ガソリンとエタノールとの混合燃料は、ブラジルの現地燃料であり、同国では特に求められる (『日経産業新聞』2011年8月10日付)。
- 57) たとえばVWの最量販車種であるGolfのガソリン車とディーゼル車で、車重が等しいモデルの燃費と二酸化炭素排出量を比較してみると、ディーゼル車の方が少ない燃料で長距離走行でき、さらに二酸化炭素排出量が少ないことがわかる (宇山, 2013, 47~49ページ)。
- 58) ただし当該企業特殊な要因も存在する。VWに関して次の2点があげられる。第1にいわゆる共食い問題への対応である。VWがプラットフォームを単位に部品の共通化を進めた結果、消費者に対しモデル間の違いを十分にアピールできなくなり、より小さいモジュール単位での共通化へと向かうこととなった (風間, 2004, 85ページ；目代, 2009, 16ページ)。第2に他社に劣る設計への対応である。VWは他社よりも長い設計時間を短縮し、他社よりもかさむ設計コストを削減する必要がある (PA Consulting Group, 2012, p.35), 製品のモジュール化へと向かった。製品のモジュール化には新製品設計を容易化させるメリットがあった(表1②参照)。
- 59) かつて藤本 (2001) は日本自動車企業が1980年代に「共通部品比率を低く抑えた『最適設計路線』で商品力を高め、国際市場でのシェア向上に結びつけた。しかし、90年代に入り、日本企業の量的拡大が止まると、部品のフレキシビリティ (共通化) が足りないことが日本車のコスト競争力を減殺するという事態に至った。結局日本企業は、90年代半ば以降、製品差異化を犠牲にしない範囲での部品共通化、さらには製品そのもののバラエティ削減によって、コスト競争力を確保する方向へと転換していった。さらにその延長線上、『プラットフォーム共通化による量産効果と製品差異化の両立』という競争の焦点が浮上してきたのが、90年代後半の世界自動車産業の状況であった」(342~343ページ)と論じた。今日においても競争の焦点は量産効果 (部品の共通化) と製品の差異化の両立にあるが、その両立はプラットフォームの共通化ではなく、機能完結したモジュールへとプラットフォームを分割することによって成し遂げられる段階へと移行しつつあると考える。
- 60) ここではトヨタ自動車(株)の対応について簡単に言及しておく。同社は2012年にToyota New Global Architecture (略称TNGA)を打ち出した。これはプラットフォームごとの部品共通化を厳格化させる設計手法である。同社では以前からプラットフォーム共通化を目指していたが、実際には後発車種において設計の大幅変更がなされる等、部品は十分に共通化されていなかった (井上, 2012, 45ページ)。そこで同一プラットフォームに属する複数車種を一括して設計することにより、各種変更 (個別設計)を回避するTNGAが実施されることとなった (『日刊自動車新聞』2012年3月27日付)。TNGAではヒップポイント (座席の高さ)まで可能な限り統一されているが (『日刊自動車新聞』2013年3月28日付)、これはヒップポイントを統一することで、ペダルの位置、ステアリングの位置、シートの前後位置も統一できるからである (日野, 2012, 36ページ)。これに関連してトヨタ自動車(株)の加藤光久副社長はTNGAに関して「部品共有化率は部品点数でいくと、スタート当初は2~3割程度だろう。これを究極的に7~8割に持っていきたい」(『日刊自動車新聞』2013年3月28日付)と述べている。このようにTNGAは部品の共通化と製品の多様化のうち、前者を強く推し進める手法であると考えられる。管見の限りではTNGAについて部品共通化と製品多様化を両立させる手段として言及した雑誌記事、新聞記事はない。

参 考 文 献

- 安藤真 (2013) 「What is MQB? VW グループの新たなモジュラー・マトリックス戦略」『フォルクスワーゲンゴルフのすべて』(株三栄書房, 42~43ページ)。
- 井上久男・熊谷敏直 (2012) 「日産 CMF『プラットフォーム』から『4 + 1 ビッグモジュール』という考え方へ」『Motor Fan illustrated』第68巻, 38~41ページ。
- (2012) 「TNGA 複雑で多種の商品構成をシンプルにする」『Motor Fan illustrated』第68巻, 44~45ページ。
- 岩城富士大・目代武史 (2007) 「自動車産業におけるモジュール戦略の成果と課題——欧米を中心とした比較研究——」『赤門マネジメント・レビュー』第6巻第12号, 611~654ページ。
- Wilhelm, B. (1997) "Platform and Modular Concepts at Volkswagen—Their Effects on the Assembly Process", In Shimokawa, K., Jürgens, U. and Fujimoto, T.(Eds.) *Transforming Automobile Assembly*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, pp.146-156.
- 宇山通 (2013) 「世界自動車産業における製品競争の方向性——環境志向型製品の今後の可能性にかかわって——」生産システム研究会 (大阪市立大学) 『【科学研究費補助金・基盤研究(B) (課題番号22330119) 最終成果報告書】 循環統合型生産システムの構築に向けた理論的・実践的課題』, 41~57ページ。
- Ulrich, K. (1995) "The role of product architecture in the manufacturing firm", *Research Policy*, Vol.24 No.3, pp.419-441.
- and Tung, K. (1991) "Fundamentals of product modularity" *Proceedings of ASME Winter Annual Meeting Symposium on Design and Manufacturing Integration*, pp.73-79, Atlanta.
- 大須賀和美 (編) (2009) 『新版自動車用語辞典 (増補2版)』(株精文館)。
- 大竹剛 (2009) 「独フォルクスワーゲン (自動車メーカー) トヨタ追撃に総力戦」『日経ビジネス』10月19日号, 50~55ページ。
- 風間信隆 (2004) 「ドイツ自動車産業におけるフレキシブル合理化とモジュール化」『明治大学社会科学研究所紀要』第43巻第1号, 63~87ページ。
- 具承桓 (2008) 『製品アーキテクチャのダイナミズム——モジュール化・知識統合・企業間連携——』(株ミネルヴァ書房)。
- Green Car Congress (2012) "Volkswagen Group introducing Modular Transverse Matrix this year; new engine families, lighter weight construction, powertrain flexibility" (<http://www.greencarcongress.com/2012/02/mqb-20120201.html>) 2013年9月2日閲覧。
- 小平和良 (2003) 「新車に食い込む部品メーカーブリヂストンなど3社, 『足回り』から攻め上がる」『日経ビジネス』9月1日号, 11ページ。
- (株三栄書房 (2012) 「MQB Modularen Querbaukasten VW の拡大戦略を支える次の一手」『Motor Fan illustrated』第68巻, 50~57ページ)。
- 柴田友厚 (2012) 『日本企業のすり合わせ能力——モジュール化を超えて』NTT出版(株)。
- GP 企画センター (編) (1993) 『自動車用語ハンドブック』(株グランプリ出版)。
- 高野敦 (2012) 「自動車は『脱プラットフォーム』へ モジュールによる設計標準化が進む」『日経ものづくり』4月号, 23~25ページ。
- 清水直茂・鶴原吉郎 (2012) 「日産とVolkswagen 社の大規模モジュール開発 セグメントを超えて部品を共有化 部品コストの2割以上を削減」『Automotive Technology』5月号, 20~21ページ。
- Scavarda, L. F., Reichhart, A., Silvio, H., Holweg, M. (2010) "Managing product variety in emerging markets", *International Journal of Operations & Production Management* Vol.30 No.2, pp.205-224.
- 成美堂出版編集部 (2002) 『日本と世界の自動車最新カタログ2002年版』成美堂出版(株)。

自動車企業におけるモジュール化の新展開

- 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) 『ビジネス・アーキテクチャ 製品・組織・プロセスの戦略的設計』(株)有斐閣, 101~120ページ。
- 鶴原吉郎 (2000) 「始動, 本田の生産体質改革——新機種投入時の投資と期間を半分に」『日経メカニカル』第554号, 30~36ページ。
- (2012) 「多様化とコスト削減の矛盾を解くメガプラットフォーム」『Automotive Technology』7月号, 54~62ページ。
- 永田元輔 (2013) 「Special Interview 1 技術プロジェクトマネジメント責任者フベルトゥス・レムケ」『フォルクスワーゲンゴルフのすべて』(株)三栄書房, 16~17ページ。
- (株)日本自動車部品工業会 (2001) 「モジュール化の進展と自動車部品産業の課題」『月刊自動車部品』第538号, 2~34ページ。
- (株)日経 BP (1999) 「『モジュール』がクルマを変える日本流のモジュール化を模索」『日経メカニカル』第532号, 31~36ページ。
- (2001a) 「ついに始まった日本車のモジュール化」『日経メカニカル』第566号, 37~59ページ。
- (2001b) 「モジュール 部品モジュール化のインパクト 調達構造はどう変わるか」『日経ビジネス』12月10日号, 38~42ページ。
- Pine, J.B. II (1993) *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*, Harvard Business School Press (江夏健一・坂野友昭監訳 (1994) 『マス・カスタマイゼーション革命』(株)日本能率協会マネジメントセンター)。
- PA Consulting Group (2012) *Motoring the Future: VW and Toyota Vying for Pole Position*, Palgrave Macmillan.
- 日野三十四 (2012) 「はるか先を行く VW 社 日本は戦略の転換を急げ」『日経ものづくり』9月号, 36~41ページ。
- 延岡健太郎 (2006) 『マネジメント・テキスト MOT [技術経営] 入門』(株)日本経済新聞出版社。
- Pil, F. and Holweg, M. (2004) "Linking Product Variety to Order-Fulfillment Strategies", *Interfaces* Vol.34 No.5, pp.394-403.
- (株)フォーイン (2012) 『ワールドオートガイド2013』(株)フォーイン。
- (株)フォーイン企画調査部 (2013) 『世界自動車統計年刊2013』(株)フォーイン。
- (株)フォーイン世界調査部 (2012) 『世界自動車メーカー年鑑2013』(株)フォーイン。
- 藤本隆宏 (2001) 『マネジメント・テキスト 生産マネジメント入門 [I] ——生産システム編——』(株)日本経済新聞出版社。
- (2003) 『能力構築競争』(株)中央公論新社。
- 牧野茂雄 (2008) 「プラットフォーム=ボディの基本骨格」『Motor Fan illustrated』第18巻, 24~27ページ。
- 目代武史 (2009) 「欧州自動車メーカーのモジュール戦略の実態調査——VW, Smart, PSA, Daimler, BMW, Audi——」『東北学院大学経済学論集』第172号, 61~80ページ。
- 山崎良兵 (2011) 「トヨタ自動車インド市場で巻き返し」『日経ビジネス』1月10日号, 42~46ページ。