

展望

自動車の電動化・電子化が駆動する標準化

佐伯 靖雄*

要 旨

本稿の目的は、先進国市場と新興国市場の双方で繰り上げられる熾烈な競争環境にある自動車産業が直面する課題を検討し、参入する様々なプレーヤー個々がどのようにして持続的競争優位を確立していくかという展望を論じることであった。ここでの議論を通じて見えてきたことは次の3点に要約される。第1に、電動化・電子化と標準化といった各イノベーションの要素同士が、循環型促進の関係になっていることである。第2に、そのスパイラルアップの関係を加速させる外部環境要因が、グローバリゼーションであった。グローバリゼーションは、新興国市場での競争と、基幹部品のグローバル供給寡占化という2つの視点から見ていく必要がある。第3に、自動車のモジュラー化が明確になった今、自動車産業の盟主としての地位を堅持すべく、完成車メーカーが進める戦略的統合型選好という取り組みの帰結を観察することの意義である。以上の諸点から今後の自動車産業におけるグローバル競争を分析することは、わが国ものづくりの持続的発展の可否を占う上で極めて重要なのである。

キーワード

HEV (ハイブリッド車), EV (電気自動車), 標準化, 組込ソフトウェア, モジュラー化

1. 今日の世界自動車市場における競争の諸条件

本稿の目的は、先進国市場と新興国市場の双方で繰り上げられる熾烈な競争環境にある自動車産業が直面する課題を検討し、参入する様々なプレーヤー個々がどのようにして持続的競争優位を確立していくかという展望を論じることにある。現在の自動車産業が直面する最大の課題は、端的に言えば次の2点に集約することができる。

第1に、グローバリゼーションへの対応である。自動車産業は100年以上の齢を重ねた今でも、最もダイナミックに成長を続けている産業の一つである。そしてその主戦場は、2000年代

* 執筆者：佐伯靖雄

所属/職位：名古屋学院大学商学部／講師

連絡先：愛知県名古屋市熱田区熱田西町1-25

E-mail: yst07993@ngu.ac.jp

に入ってから日米欧の先進国市場から BRICs に代表される新興国市場へと移ってきている。またこれらに加えて、東欧諸国や VISTA の存在も日増しに大きくなってきている。先進国市場で成長したグローバル・ブランドを持つ完成車メーカーは、次々にこれら新興国市場へと参入してきたが、競争する相手は先進国メーカーのみならず、各国の民族系資本のメーカーも含まれるようになってきた。現地市場に精通し、かつ相対的に低コストでのオペレーションが可能な民族系資本は、新興国メーカーからの技術移転を受けながら急速に力をつけつつある。こういったグローバル市場での競争のあり方については、国際経営論や多国籍企業論、あるいは国際マーケティング論といった諸研究が実態を明らかにしてきた。

第2の課題は、イノベーションである。自動車は従来、相対的に見て漸進型のイノベーションを積み重ねる製品であるという評価がされてきたが、1970年代頃を起点に、環境問題への対応から電子制御の技術が導入されるようになった。それから約30年を経て、1997年にトヨタ自動車が世界初の量産型 HEV (ハイブリッド車) であるプリウスを上市、それから約10年後には、三菱自動車工業が世界初の量産型 EV (電気自動車) である i-MiEV を、日産自動車が Leaf を上市したことで、内燃機関が電気に代替される電動化が本格的に始まった。その一方で、電動化や電子化の進展によってハードウェアを制御するためのシステム設計の複雑性は指数関数的に増大を続け、もはや自動車産業が得意としてきた積み上げ方式のカイゼンでは対処できなくなった。そこで2000年代半には自動車のソフトウェア開発の効率性を劇的に向上させることを目的に、世界標準の策定が始まったのである。このような技術戦略のあり方については、経営戦略論や生産システム論といったアプローチからの研究が進められている¹。

ここで挙げたグローバルゼーションとイノベーションという2つの課題は、実は根底では深く繋がっている。本稿ではその関係性について議論したい。そしてもう一つ重要なのは、これらの課題は今後の自動車産業の競争条件や産業組織の構造を一変してしまうほどの潜在性を持っているということである。言い換えると、自動車がかつてのデジタル家電のようになってしまうかもしれないという危険性である。それにより、自動車産業に参入している主要プレーヤーである完成車メーカー、部品・素材のサプライヤーの勢力図もまたドラスティックに変化してしまうかもしれない。本稿はそのような可能性についても言及していきたい。

2. 電動化・電子化による製品・部品市場の成長

(1) 領域・規模共に拡大する自動車の電子化

自動車の電動化・電子化は、急に始まったことではない。電動化については、1世紀前の自動車産業黎明期には、駆動源として内燃機関、蒸気機関、そして電気のいずれもが候補として挙がっていた。実際、現在で言うところの EV が少数ながら生産・販売されたこともあった。その後エネルギー効率性に優れる内燃機関がドミナント・デザインになり、20世紀中はその技

術体系が産業界を席卷したのである。内燃機関全盛の時代であっても、環境規制が強化されるたびにEVが検討されることはあった。しかしながら当時のEVには鉛電池を使っており、内燃機関を代替できるだけのエネルギー密度が達成できず、結局大量生産の対象にはなり得なかったのである。

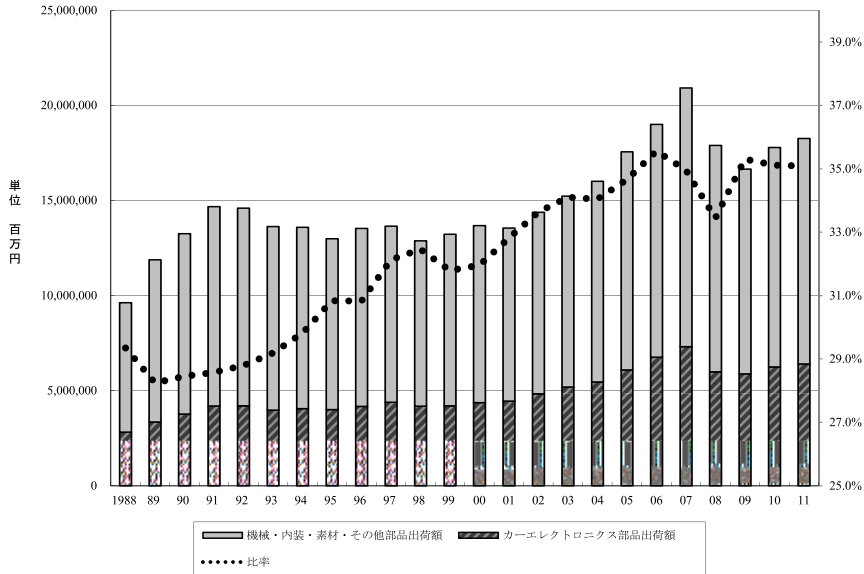


図1. わが国自動車部品出荷額に占める電動化・電子化領域の比率
 出所) 日本自動車部品工業会公表資料より筆者作成

電子化については、民生用電気機器の技術体系のうち、実績があり信頼性の高い、いわゆる“枯れた”技術を中心に移転が進み比較的順調に自動車産業に導入されてきた。灯体やカーラジオやその電源としてのバッテリーは黎明期の自動車にも搭載されていたが、電子化が普及する直接の契機になったのは1970年代のアメリカの環境規制である。それまでとは比較にならないほど厳しい規制に対処するため、機械的な制御ではなく、電子制御が採用されたのである。それ以降、環境・安全・快適に拘わる自動車の付加価値を実現する上で、電子化は必須の要件になっていった。自動車の電子化は、電子デバイスの価格低下に伴い適用範囲が拡大し、かつ一つ一つのシステムが複雑になり、開発規模も拡大していった。近年は複数のアプリケーションが連携して特定の性能を実現する協調制御の領域も拡大しており、今や自動車は「走るコンピュータ」と言われるほどに複雑なシステムを内包する製品になっている。

それを示すのが、図1である。これは、わが国自動車部品出荷額を電子化関連領域（カーエレクトロニクス部品）とそれ以外の領域（機械・内装・素材・その他部品）の視点から1988年度から2011年度の20年超にわたって集計したものである。この間、全体に占める電子化関連領域の出荷額比率は上昇を続け、近年は35%前後で高止まりしつつある。しかしながらこの集計

には二次電池関連の部品出荷額が含まれていないため、今後集計範囲の見直しによってこれら電動化にまつわる部品が含まれると、更にその比率は上昇することになるであろう。また、電動化は複雑な電圧制御や回生機構との連動を必要とするため、それらを制御するための電子制御システムが不可欠である。電動化は、必然的に電子化を伴うのである。このようにして電子化の領域・規模は拡大してきたのである。図1では国内の自動車部品出荷額に言及しただけであるが、2012年時点の世界乗用車生産台数の約4割を日本ブランドが占めること(2,468万台/6,309万台)を考慮すると、日本車の電子化の傾向を見ることで世界市場の趨勢を概ね見通すことはできるだろう²。

(2) 先進国メーカー主導の電動化

自動車の電動化は、具体的にはHEV/EV(PHEV:プラグイン・ハイブリッド車含む)、そして今後実用化が期待されるFCV(燃料電池車)の普及が進むことを指す。HEVは内燃機関と二次電池の併用、EVは実装した二次電池のみ、PHEVは内燃機関と内部の二次電池及び外部からの給電と動力源には多様性があるものの、化石燃料依存から脱却しようとする方向性は同じである。しかしながらこれら電動化された自動車は、既存の内燃機関の自動車と較べて価格が高いという弱みがある。HEVは内燃機関に加えて二次電池や制御システムを搭載する必要があり、他方のEVは基幹部品である二次電池の調達コストが高く、かつ車両としても規模の経済がはたらく程の生産量に達していないといったことがその理由である。したがって当面の間は、HEV/EVの主戦場は先進国市場に限定されるであろう³。

2009年に三菱i-MiEV、2010年に日産Leafが上市されたこともあり、EVの市場は日本が圧倒的に大きいような印象があるものの、これ以降2012年上半期までに限定しても、日米欧とアジアの主要完成車メーカーは次々にEVを商品化してきている。University of Duisburg-Essen ed. [2012]の調査結果によると、代表的なものだけを挙げても、中国のBYDがe6とF3DM、奇瑞がM1EVとQQEV、韓国の起亜がRayといったモデルを上市している。

欧州ではプジョーがiOn、シトロエンがC-Zeroというモデルを販売したが、これらはいずれも三菱i-MiEVのOEM生産車である。他にもルノーがFluence Z.E.とKangoo Z.Eという派生車に加えてZoe、そして超小型モビリティとして日産がルノーから調達し日本で実証実験を行うTwizyという商品がある。フィアットは500の派生車、ボルボはC30 Electric、ダイムラー・グループのスマートはFor-two Electric Drive、オペルはAmpera(後述するGMシボレーが発売したVoltのOEM生産車)をそれぞれ上市した。これ以外にも、いくつかのEVベンチャーが固有ブランドのEVを少量ながら販売している。

北米ではGMのシボレー・ブランドからVolt、フォードはFocus ElectricとTransit Connect EVに加えて、EVベンチャーのテスラがRoadstar、フィスカーがKarmaをそれぞれ上市している。テスラに至っては、トヨタやパナソニックから出資を受け、ニューヨーク証

券取引所に上場するまで成功している。現在テスラは、トヨタ RAV4のEV版を旧 NUMMI 工場でOEM生産している。このように、EVを製品化しているのは圧倒的に先進国メーカーが多い。

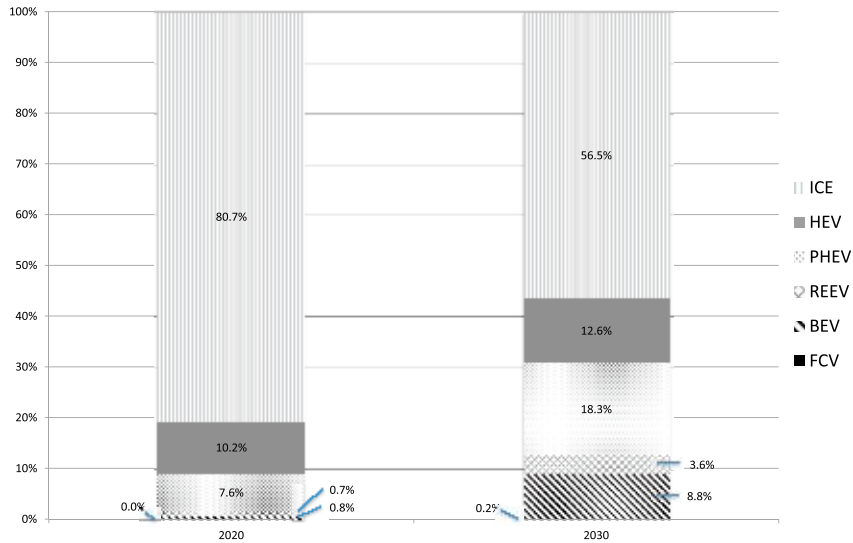


図2. 2030年までのカテゴリ別世界自動車登録台数の比率

注) ICEは従来型化石燃料車, REEVはレンジ・エクステンダー, BEVはバッテリー駆動車をそれぞれ意味する。本稿でのEVの概念に相当するのがREEVとBEVである。また予測値は同大学の独自試算による。出所) University of Duisburg-Essen ed. [2012], p.30, Figure 14.

また University of Duisburg-Essen ed. [2012] は、2020年、2030年までのガソリン車、HEV/EV、そしてFCVの普及について図2のように予測している。2030年でも依然として化石燃料主体の自動車が過半を占めるが、残りの構成比率は2020年に較べて大きく異なると予測している。次世代自動車ではPHEVが最多の18.3%、REEVとBEVを合算したもの（日本でいわゆるEVと呼ばれる製品）は12.4%となり、HEVと同等水準である。現在の日本や北米市場の状況から見るとHEVがやや過小評価されているようにも映るが、PHEVを含めた割合は3割を超える。したがって、既存の化石燃料車が約半数残ることと併せると、内燃機関そのものは相対的に重要性を低下させながらも存続し続けるということをこの予測図から読み取ることができる。

わが国の市場に限定したHEV/EVの販売状況は、表1のような推移になっている。HEVはトヨタが、EVは三菱と日産が世界に先駆けて商品化に成功してきたこともあり、販売台数全体に占めるHEV/EVの比率は他国を圧倒する。2011年は東日本大震災のため国内需要が大きく落ち込み、年間で400万台前半の販売台数しかなかったが、そのうち15%近くをHEV/EVが占めたことになる。これらの車種の販売が急拡大するのは2009年以降であり、これは、前年に

米国で起こったリーマンショックを原因とする景気後退に対処するための各種減税・補助金が適用されるようになったこと、EV専用車のLeafが上市されたこと、更にはトヨタの3代目プリウスが上市されたことといった諸要因が重なったためである。その後2011年にトヨタからプリウスよりも廉価なHEVであるアクアが上市され大ヒットしたことが加わり、わが国は世界に冠たるHEV販売大国になっている。2013年はトヨタからクラウン・ハイブリッド、ホンダからはアコードとフィットのHEVが上市されるため、HEVの比率は更に上昇するであろう。

表1. HEV/EVの国内販売台数推移(単位:台)

	FY2005	FY2006	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011
EV	345	328	309	516	1,991	7,472	17,164
PHEV	0	0	0	0	165	214	3,753
HEV	62,411	90,293	90,884	113,113	454,030	449,260	635,790

注) EVには電動二輪車を含まない。

出所) 次世代自動車振興センター集計値より抜粋

トヨタは、2013年4月にHEVの世界販売累計台数が500万台を超えたことを発表した。同社にとってHEVは、国内販売の約4割、世界販売の約14%を占める主力製品である。同社ではあくまでHEVを次世代自動車⁴の主力とみなしており、2012年初頭にプリウスPHVを個人向けに発売したものの、そのシステムはHEVベースのEVであり、同年に三菱から発売されたアウトランダーPHEVがEVベースのPHEVであるのとは対照的である。ただし、トヨタに次ぐHEVの主要メーカーであるホンダですら、ようやく同製品の世界販売累計台数が100万台(2012年9月末時点)を突破したに過ぎず、HEV市場におけるトヨタの存在はあまりに大きい。またHEVはそもそも内燃機関と二次電池での駆動を併用することからシステムが複雑になる傾向にあり、その中でもトヨタはシリーズ=パラレル併用方式という固有の駆動システムを採用していることから、将来的に市場で孤立した存在、俗に言うガラパゴス化してしまうのではないかと危険視する意見もある。こういった技術的な特徴が、前述のUniversity of Duisburg-Essenの調査結果が示すように、HEV自体の将来性を限定的に捉える要因になっているのかもしれない。

他方のEVは、三菱と日産が先駆的な製品を次々と市場に投入しているにも拘わらず、その販売は好調とは言いがたい。これはEVに搭載するリチウムイオン二次電池のエネルギー密度不足、EV自体の価格が高いこと、そして充電インフラが未整備なためユーザーが「電欠」を心配しているといったことが要因である。日産の発表によると、2012年末時点におけるEVの世界累計販売台数は約8万台であり、そのうち約半数を同社のLeafが占めるとのことである。表1に示したように、国内販売台数は上昇傾向にはあるものの、市場全体に占める比率はまだ僅少である。しかしながらわが国では2013年春から経済産業省主導による「次世代自動車充電インフラ整備」の補助金制度が始まり、総額1,005億円の予算を投じて急速充電器約4,000基、

普通充電器約11万基の整備が始まった。これによりインフラ整備の問題は概ね解消すると見られており、今後EVの普及が急加速することが期待されている。

3. 重要度が増す標準化と工業製品のモジュラー化

(1) 主導権を握る欧州メーカー

自動車の付加価値を高めるための電動化・電子化が進むことにより、新たな課題も明らかになってきた。電子制御とはソフトウェアでハードウェアを制御することである。自動車産業は従来、ハードウェア中心の技術体系であったが、そこにソフトウェアが導入されたことで、製品の開発・生産のあり方が大きく変わったのである。完成車メーカーは各社固有の手法、規格でソフトウェアを逐次的に開発していたが、その後電子化の範疇が急拡大したことで、開発工数を圧迫するようになった。1990年代には、情報系を除くパワートレイン制御、車体制御、車両制御の分野だけで、ソフトウェア開発の規模は10年で10倍に拡大していた。このため自動車産業は、増大する一方のソフトウェア開発工数を抑制し、開發生産性を向上させるための取り組みに着手せざるを得なくなったのである。すなわち、ソフトウェアそのものの構造化、開発手法・環境の統一といった標準化である。これが2000年代初頭のことである。

しかしながら、それまでの自動車産業は標準化にはあまり熱心でなかった。何より、優秀なサプライヤーを囲い込み、取引特殊な部品を数多く採用することが自動車という最終製品の差別化に繋がり、それが競争優位の源泉になっていたのが自動車産業である。とりわけ日本企業は、系列取引を活用し極めて高い生産性を誇っていたため、極端に言えば標準化とは正反対を向いていたのである。

アメリカ企業は業績悪化のため標準化どころではなく、日本企業はそもそも標準化を苦手としていたことから、この分野で頭角を現したのは欧州企業であった。既に欧州では1990年代からいくつかの標準化の取り組みを進めていたが、それらを発展的に継承する形で、2000年には車載LAN規格標準化のためのFlexRay、続く2003年にはソフトウェア標準化のためのAUTOSARといったコンソーシアムを設立し、主要完成車メーカー、サプライヤー、ツールベンダー等がそこに参画したのである。欧州企業はここで標準仕様を策定し、それに準拠した製品・部品でなければ完成車メーカーは購入しないという取引上の制約を課すことで、これを世界標準へと育てていった。欧州は2000年代を通じて、自動車産業のAUTOSARやFlexRayに限らず、ISOや電機産業のWEEE/RoHS指令といった欧州発の標準仕様や規格を世界標準にすべく、強力に推進していた。この活動は成功し、自動車産業においてもソフトウェア開発の標準化は欧州企業の独壇場となったのである。

日本でも2004年にJasParというコンソーシアムを設立し対抗したものの、AUTOSARほどのインパクトはなかった。むしろ、欧州の標準仕様を国内に適用するための受け皿になってし

まった感は否めない。こうして世界の標準化競争において、欧州企業は主導権を握ることに成功した。AUTOSARにはトヨタをはじめ日本企業も中核メンバーに名を連ねてはいるものの、最終的な意思決定には関与できておらず、クリティカルな部分は欧州企業、とりわけドイツ企業が独占的地位を確固たるものにしていく。

このように、電子化の領域は欧州企業の独占を許してしまったが、他の領域では日本企業の活躍が見られる。例えば電動化にまつわる急速充電の規格では、日本発のCHAdeMOが世界標準獲得を目指している。ここでも欧州企業は、アメリカ企業と共に別の規格を提唱し対抗しており、競争は熾烈を極める。以上のような近年の傾向から見えてくる特徴は、自動車産業の競争の次元は、電動化・電子化を媒介として、取引特殊な投資に基づく固有性に裏付けられた差別化一辺倒の競争から、いかに非競争領域で他の企業と協力し生産性を上げるかという点へと移行しつつあるということである。その点において標準化をマネジメントすることは、個々の企業間の競争と同等、あるいはそれ以上に重要な経営管理上の課題になってきているのである。

(2) 標準化の効用

自動車産業の標準化の趨勢を概観した上で、ここでは標準化が持つ経済効率性について議論する。自動車産業が標準化を追求するメリットは何か、そしてなぜそれが現在の競争に求められるのかという視点である。

標準化には、大別すると3つのプロセスが存在する。第1に、ISOやIECといった公的標準化機関が認定するデジュリ・スタンダードである。第2には、自由競争の結果によって事実上の標準が形成されるデファクト・スタンダードがある。この場合、公的標準化機関が関与することはない。そして第3に、近年増加傾向にあるのがコンソーシアム型標準である。コンソーシアム型標準が増えるようになった要因は、デジュリ・スタンダードがその性格上標準形成に時間がかかり過ぎることや、デファクト・スタンダードが一時的な独占を生み出す危険性を孕むといったことへの反省である。このプロセスの特徴は、市場競争に参加する当事者が任意でコンソーシアムを形成し、標準の仕様を事前調整によって決めることにある。市場競争に先立って調整を行うという点ではデジュリ・スタンダードに近いが、ここで実際に調整を行う機関は公的標準化機関のような第三者ではなく、競争の当事者達である。

標準化の効用は、ネットワーク外部性(network externalities)から説明することができる。ネットワーク外部性とは、ネットワークが広がれば広がるほど、ネットワーク参加者全体の便益が向上することである(Rohlfs [1974], Oren and Smith [1981])。またこれには直接的効果と間接的効果がある(Kats and Shapiro [1985])。直接的効果は、ネットワークの拡大それ自体が価値を生む場合であり、例えばインターネットのユーザー人口増加が挙げられる。間接的効果は、ネットワーク財の補完製品が充実することでユーザーの選択肢が広がる場合であ

り、例えばDVD再生機とコンテンツの関係がそれに該当する。以上がユーザー視点からの標準化の効用である。

他方で、標準化は企業側にもメリットをもたらす。端的に言えば、市場に参加する競合企業間で競争領域と協調領域が明確に分離されるため、協調領域では標準化した仕様を採用することで企業間の条件を一定にし、競争領域に経営資源を傾注することができる。つまり、費用の節約と差別化の源泉が確保できるということである。コンソーシアム型標準は、事前調整によって標準化を適用する範囲についての合意形成を追求する。しかしながら参加者全てが同じ条件にあるわけではない。例えばコンソーシアムを主導する企業は、成果物としての標準仕様の適用範囲を恣意的に調整することが可能なのである。とりわけグローバル規模での普及を想定する場合、コンソーシアム内でも中核的な役割を担っている企業は、標準化策定後の競争段階で優位に立つ可能性が高い。前項で指摘したように、欧州企業が策定した標準仕様に準拠した製品・部品でなければEU圏で取引しないとといったルールを導入することなどは、その最たる例である。

(3) 工業製品のモジュラー化

標準化が必要になる背景には、工業製品のモジュラー化も大きく関与している。一般に、工業製品が高度に発展し複雑性が増加してくると、製品のパフォーマンスを最大化には、構成要素ごとのイノベーションとそれら構成要素同士を繋ぐ関係性のイノベーションという複数のアプローチが採用されるようになる。関係性からのアプローチのことをアーキテクチャル・イノベーション（architectural innovation）という（Henderson and Clark [1990]）。このアプローチの強みは、市場で支配的な立場にある企業に対し、挑戦者がアーキテクチャを変化させることで対抗し得る点にある。アーキテクチャとは、製品の構造要素と機能要素をどのように分離しどのように再構成するかを検討する基本的な設計思想のことである。構造要素と機能要素の拘わり方を変えること、つまり関係性を戦略的に制御すること自体がイノベーションになり、そしてそれは市場のフォロワー企業であっても採用することができるのである。

その後、製品アーキテクチャの概念は精緻化され、製品の内部構成における構造と機能の対応関係、及びインターフェース一般化の程度として認識されるようになる。具体的には、構造要素と機能要素との対応関係の疎密さに応じてインテグラル型かモジュラー型か、要素間の繋ぎ目にあたるインターフェースの一般化の開放度に応じてクローズド型かオープン型かという類型化の軸がある（Ulrich [1995], Ulrich and Eppinger [1998], 藤本 [2001]）。構造と機能の対応関係が相対的に複雑であり多対多により近ければインテグラル型、相対的に単純であり一対一により近ければモジュラー型に分類される。またインターフェースの開放度が相対的に低く特定の組織内に限定される場合はクローズド型、逆に開放度が相対的に高く組織横断的、あるいは産業横断的に適用できる場合はオープン型というように分類される。ここで注意しな

なければならないのは、製品アーキテクチャの概念は常に相対的なものであり、分類上絶対的な条件があるわけではないということである。

製品アーキテクチャの観点から言うと、現在の工業製品は製品のライフサイクルの局面が進むにつれて、初めはインテグラル型として市場に投入された製品であっても、徐々にモジュラー化していく傾向がある。そして当該製品の複雑性が高ければ高いほど、モジュラー化はクローズド型よりもオープン型を指向するようになる。例えばLanglois and Robertson[1992]は、組織の経済学の視点からそのメカニズムを次のように説明する。まず、製品を構成するモジュール(構造要素と機能要素がある一定の単位で集成した状態の部品群)が内製されるか外部調達されるかは、製品コストと取引コストとを比較考量して決められる。製品アーキテクチャがインテグラル型の性格であれば、市場からの調達コスト(取引コスト)が組織化のコストを上回るため、企業内調整に優る垂直統合型企業が有利である。しかし製品がモジュラー化されると、モジュール間の互換性を損なわずに単一企業内だけでイノベーションを進めることは、経営資源が限られるため困難になる。つまり、組織化のコストが取引コストを上回るということである。このような状況下ではモジュールを外部から調達する方が望ましくなる。

重要なのは、外部調達先は多ければ多いほどいいということである。調達先に選択肢があることで企業間の競争が促進され、より優れたモジュールをより安価に入手できる可能性が出てくるからである。またモジュールごとに市場が形成されるため、多くの専門企業がそこに参入することができる。結果としてモジュラー化は市場全体を拡大するよう作用する。このことのメリットは大きい。例えば、多数の専門企業がモジュール単位で競争しイノベーションを追求することになるため、それらを統合した最終製品の付加価値は短期的に向上する。また競争の結果、品質向上やモジュールのコスト低減が達成されることになり、この場合も最終製品の商品性が高められることになる。付加価値が高い製品はユーザーの支持を得ることになるため、市場はより大きく成長することになる。こうして現在の工業製品は、品質向上とコスト低減とを同時に追求するためにモジュラー型を指向するようになっていくのである。

工業製品の部品調達の場面において、モジュラー化の最大のインセンティブは取引特殊的投資を最小化できる点にある。しかしながら最終製品に高い統合度が求められるような場合、アーキテクチャをモジュラー化することは容易ではない。自動車産業のようにグローバル市場で熾烈な競争が繰り返されている場合、安易なモジュラー化によって商品性を落としてしまうことは企業存続上の致命傷になりかねない。そこで有効なのが、業界で標準化された仕様を非競争領域、すなわち協調領域に導入することについて合意形成するという方法である。自動車産業の場合、目に見える範囲(構造要素)での協調領域ではなく、ソフトウェアによって動く電子制御システムという機能要素から合意形成が進んだ。それが前述のAUTOSAR等のコンソーシアム型標準の取り組みである。自動車産業は、モジュラー化の経済効率性を追求する手段として標準化を受け入れたのである。その目的は、ソフトウェアの開発効率が著しく低下

していた現状を打開するという緊急避難的なものに限定されるわけではない。実態はもっと戦略的な意思決定である。ソフトウェア開發生産性の改善の先にあるのは、先進国市場に数倍する潜在規模を持つ新興国市場の攻略である。標準化されたモジュールを大量かつ安価に調達できれば、圧倒的なコスト優位性を確立することができる。そうして生産される自動車の価格競争力は高く、所得の低い新興国市場でも通用する製品を投入できるようになる。このように欧州企業は、先進国メーカーの論理として戦略的に標準化を進めているのである。

4. 電動化・電子化と標準化の循環型促進構造

ここまでの電動化・電子化、そして標準化の議論は、冒頭で指摘したようにグローバリゼーションとイノベーションという自動車産業が直面する2つの課題と密接に関連している。その関係性を図示したのが図3である。その特徴を一言で述べると、電動化・電子化と標準化とは循環型促進の関係にあるということである。つまり、電動化が電子化を促進すると、電子化のために標準化が促進され、更には高度に標準化された仕様が電動化・電子化の双方を促進するよう作用し、スパイラルアップしている構造である。このイノベーション上のスパイラルアップを加速する外部環境要因こそが、グローバリゼーションである。グローバリゼーションの要素には2つあり、1つは新興国市場の競争、もう1つは電動化・電子化、そして標準化といったイノベーションを具現化する基幹部品のグローバル供給寡占化である。

インテグラル型の自動車を開発・生産することに最適化してきたわが国完成車メーカーとサプライヤーにとっては、このような競争環境の変化に適応することは大きな挑戦になるであろう。ビジネスのあり方も大きく変わることになるはずである。これまで以上に欧米企業との取引を拡大したり、新興国の民族系企業と提携したりといった高度な戦略性が要求されるからである。それと同時に、今後の自動車産業のリーダーは誰が担うべきかという、より大きな問題も控えている。モジュラー化が進展することで、デジタル家電分野ではセットメーカーが産業支配力を失い、半導体やソフトウェア・ベンダーに盟主の座を譲り渡したという前例がある。自動車産業でもまた、コンソーシアム型標準を取り入れることで、電子制御システムという機能要素の分野から緩やかに製品のモジュラー化が進んでいる。電動化においては、比較的性能の低いものに限定されてはいるものの、二次電池、モータ、インバータ等の基幹部品がモジュラー化され、市場で流通し始めている。既に目に見える範囲のモジュラー化も始まっているのである。今のところ、完成車メーカーはモジュラー化している領域を戦略的に選択し、ある程度制御できているようである。本稿ではこういった完成車メーカーによるコントロールされたモジュラー化のことを「戦略的統合型選好」と呼ぼう。すなわち、自動車の製品アーキテクチャの根幹は統合型（インテグラル）を維持し、製品の付加価値を高めるために必要不可欠な部分だけを選択的にモジュラー化し、その影響の範囲や程度を管理・統制するというアプ

ローチである。この正否の行方もまた、これからの自動車産業を分析する上で重要な論点になるであろう。

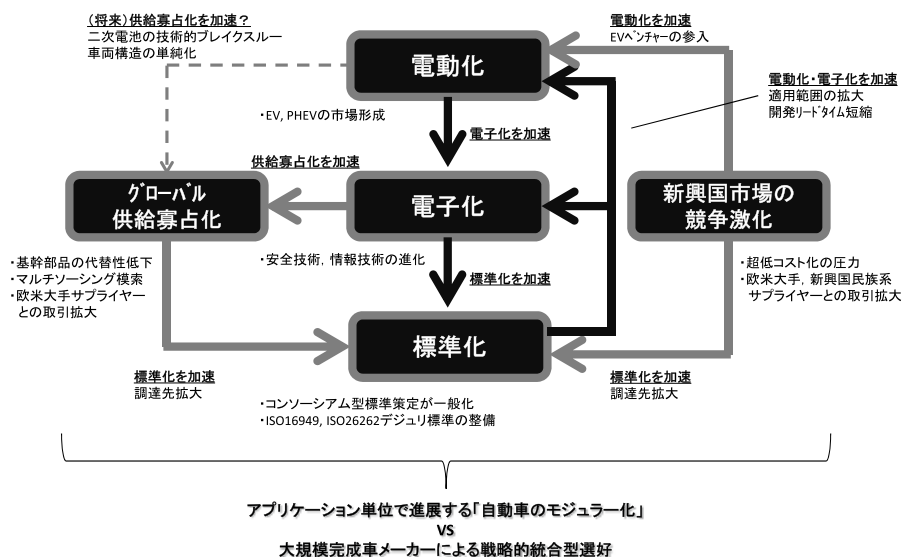


図3. グローバル競争環境下における電動化・電子化と標準化の循環型促進構造
出所) 筆者作成

5. おわりにかえて

本稿の目的は、先進国市場と新興国市場の双方で繰り広げられる熾烈な競争環境にある自動車産業が直面する課題を検討し、参入する様々なプレーヤー個々がどのようにして持続的競争優位を確立していくかという展望を論じることであった。ここでの議論から見てきたことは次の3点に要約される。第1に、電動化・電子化と標準化といった各イノベーションの要素同士が、循環型促進の関係になっていることである。第2に、そのスパイラルアップの関係を加速させる外部環境要因が、グローバリゼーションであった。グローバリゼーションは、新興国市場での競争と、基幹部品のグローバル供給寡占化という2つの視点から見ていく必要がある。第3に、自動車のモジュラー化が明確になった今、自動車産業の盟主としての地位を堅持すべく、完成車メーカーが進める戦略的統合型選好という取り組みの帰結を観察していくことの意義である。以上の諸点から今後の自動車産業におけるグローバル競争を分析することは、わが国ものづくりの持続的発展の可否を占う上で極めて重要なのである。

註

- 1 例えば、徳田編 [2008]、徳田・立本・小川編 [2011]、佐伯 [2012] 等を参照されたい。
- 2 自動車の電子化に関する部品市場の競争環境分析については、佐伯 [2012, 2013] が詳しい。
- 3 ただし、エネルギー密度は低いがコスト競争力に優れる鉛電池を使用したローテクの EV が、条件次第では新興国市場で爆発的に普及することも考えられるため、世界市場の予測は慎重に行う必要がある。
- 4 次世代自動車戦略研究会編 [2010] によると、HEV/EV/PHEV と FCV、CDV（クリーン・ディーゼル車）、CNG 車が次世代自動車として取り上げられている。また、これに環境性能に優れる従来車も含めたものを先進環境対応車（ポスト・エコカー）としており、今後重点的に議論する対象になっている。

参考文献

- 藤本隆宏 [2001], 「アーキテクチャの産業論」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』有斐閣, 所収, pp.3-26.
- Henderson, R., and Clark, K.B. [1990], "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," *Administrative Science Quarterly* 35 9-30.
- Katz, M.L. and Shapiro, C. [1985], "Network Externalities, Competition, and Compatibility," *American Economic Review* 75 (3) 424-440.
- 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編 [2012], 『ものづくり白書 2012年版』経済産業調査会
- Langlois, R.N., and Robertson, P.L. [1992], "Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries," *Research Policy* 21 297-313.
- 日経ビジネス・日経エレクトロニクス・日経 Automotive Technology 編 [2013], 『徹底予測 次世代自動車2013』日経 BP
- Oren, S.S. and Smith, S.A. [1981], "Critical Mass and Tariff Structure in Electronic Communications Markets," *Bell Journal of Economics* 12 (2) 467-487.
- Rohlfs, J. [1974], "A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service," *Bell Journal of Economics and Management Science* 5 (1) 16-37.
- 佐伯靖雄 [2012], 『自動車の電動化・電子化とサプライヤー・システム：製品開発視点からの企業間関係分析』晃洋書房
- 佐伯靖雄 [2013], 「自動車産業における電動化・電子化関連部品市場の取引環境分析」『名古屋学院大学論集（社会科学編）』Vol.49, No.3, pp.71-93.
- 徳田昭雄編 [2008], 『自動車のエレクトロニクス化と標準化：転換期に立つ電子制御システム市場』

晃洋書房

徳田昭雄・立本博文・小川紘一編 [2011], 『オープン・イノベーション・システム —欧州における自動車組込みシステムの開発と標準化—』 晃洋書房

Ulrich, K.T. [1995], "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy* 24 419–440.

Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D. [2003] (1st [1994]), *Product Design and Development*, New York, N.Y.: McGraw-Hill.

University of Duisburg-Essen ed. [2012], *Competitiveness of the EU Auto Industry in Electric Vehicles: Final Report*

次世代自動車戦略研究会編 [2010], 『次世代自動車戦略2010』 経済産業省

Standardization in Auto Industry Driven by Automotive Electrification and Computerization

SAEKI Yasuo *

Abstract

This paper investigates the serious problems that auto industry faces and the strategies that the main players - various automakers and suppliers – should adopt to survive and achieve sustainability. Our arguments in the paper proceeds in three parts: We argue first that automotive innovation, electrification, computerization and standardization have been promoted by a range of factors that created a ‘spiral up structure’. Second, globalization has influenced the spiral up structure. Third, we show the importance of watching the consequence of “strategic integral-mode preference”, that the automakers adopted to control the speed of modularization of their products.

Keywords

HEV, EV, Standardization, Embedded Software, Modularization

* Correspondence to: SAEKI Yasuo
Assistant Professor, Faculty of Commerce, Nagoya Gakuin University
1-25 Atsuta-Nishimachi, Atsuta, Nagoya, Aichi 456-8612 Japan
E-mail: yst07993@ngu.ac.jp