

## 特集

### 自動車産業の競争環境を左右するイノベーションに取り組むわが国企業の現状と課題 — 次世代自動車のあり方を規定する電子化・電動化・情報化・標準化の視点から —

佐伯 靖雄 名古屋学院大学 商学部

#### はじめに

経済活動のグローバル化にともない、自動車産業を取り巻く競争環境は年々厳しさを増してきている。あらゆる市場の中心にいるのは、トヨタ・グループ、VWグループ、GMグループ、ルノー＝日産グループ、現代＝起亜グループの5大完成車メーカー集団である。とりわけ上位3グループは2020年頃までにそれぞれグローバル生産・販売台数が1,000万台を越えたと見られている。先端的な技術開発、巨額の設備投資、そして各国市場に対応したマーケティングといった複雑に錯綜するマネジメント上の要件を満たしながら繰り広げられる競争の行く末を占う上で、いくつかのキーワードを挙げることができよう。その筆頭は先に述べたようなグローバル化への対応であるが、本稿ではとりわけ技術的な観点から考察していきたい。

現在、自動車産業のエンジニアリングで最も重要度が高いのは、エレクトロニクス関連技術の導入である。2014年初頭にアメリカで開かれたInternational CES (Consumer Electronics Show) では、民生用エレクトロニクス機器の展示会であるにも拘わらず、自動車とエレクトロニクスの融合を象徴するような出展が数多く見られた。CESで注目されたわが国エレクトロニクス企業の雄であるパナソニックは、2012年の津賀体制になってから車載事業重視の姿勢を表明しており、2019年3月期までに同事業分野の売上高を2兆円規模にまで引き上げるとしている。ユーザーの立場から見ても、2000年代後半から爆発的な普及を見せているスマートフォンを車に接続し、音楽を聴いたりカーナビゲーションの代わりに使用したりといったことが常態化しつつある。このように、現在の自動車の付加価値を左右する極めて重要な基盤の一つはエレクトロニクス関連技術であり、それゆえ企業はこの分野の技術開発や製品開発に注力せざるをえないのである。

ところで一言にエレクトロニクスといっても、自動車産業における“カーエレクトロニクス”にまつわるイノベーションは、いくつかの分野に類型化することができる。それらは、電子化、電動化、情報化、そしてこれら3つの分野と密接な相互依存関係にある標準化である。簡単にそれぞれの違いを説明しておくと、電子化とはエンジン制御やブレーキ制御等のアプリケーション別、システム別に制御体系が機械中心のものから電気・電子制御に置換されることを指す。例えば、自動でポンピング・ブレーキを発生するABSや経路検索・表

示を担うカーナビゲーション・システム等の採用が進むことである。電動化はそれら電子化の技術領域の支援を受けながら、駆動機構が内燃機関から電気エネルギー中心のものに置換されることを意味する。端的に言うと、ハイブリッド車(以下Hybrid Energy Vehicle: HEV) やバッテリー駆動の電気自動車(以下Battery Electric Vehicle: BEV) の普及である。情報化はITS (Intelligent Transportation Systems: 高度道路交通システム) に代表されるように、車と車、あるいは車と車外の環境とが通信することで、交通体系全体を安全かつ高度に管理することである。2000年代には、完成車メーカーが単体でこれらのサービスを提供し、テレマティクスと呼ばれていた。そして最後の標準化は、前述の3つのイノベーション推進を効率化・最適化するためのソリューションである。これはハードウェア、ソフトウェアのいずれにも関与するものである。

本稿では、これらエレクトロニクス関連技術に属する4つのイノベーションについていくつかの企業の事例とともに考察する。そしてそこから、とりわけわが国自動車産業に携わる様々な企業群(完成車メーカー、部品・素材サプライヤー、資本財メーカー、ソフトウェア・ベンダー等)が今後どのようにこれらのイノベーションを牽引し、次世代の自動車関連ビジネスに関与していくべきかという展望を述べたい。

#### エレクトロニクス関連技術導入の契機となった「電子化」

自動車という製品の歴史を19世紀末からの約100年超とみなすと、電子化の歴史はその半分にも満たない。初期の自動車にもヘッドライトや点火装置の一種に電気系統の部品が使われていたが、その制御の論理は単にオンかオフか程度のことであり、あまり複雑なものではなかった。ソフトウェアを実装し、機械制御よりも遙かに複雑かつ高度な制御が実現したのは、1970年代後半のMCU (Micro Controller Unit) の採用以降である。この画期的なイノベーションは、当時問題になっていたアメリカでの厳しい排ガス規制への対応という、どちらかというと受動的な要因から進められたものであった。1980年代以降は生産技術上の革新や半導体価格の下落等を背景に、排ガス規制に対応するためのエンジン制御のみならず、自動車の各アプリケーションが急速に電子化されていった。このトレンドは現在もなお続いており、例えばわが国自動車部品出荷額に占める電子化関連の部品の比率は一貫して上昇を続けている。2005年以降は、その比率は35%を超えている<sup>(1)</sup>。



一方で電子化には固有の問題に悩まされ続けてきた歴史がある。それは、肥大する一方のソフトウェア開発の生産性をいかに上げるかというものである。電子化の進展により、1990年代半ばから2000年代半ばには、ソフトウェアの開発工数は約15倍に伸びたといわれている<sup>(2)</sup>。その要因は大別すると3つある。それらは、電子化の対象となるアプリケーションの領域が拡大したこと、個々のアプリケーションの制御アルゴリズムが複雑化・高度化したことで開発量が増加したこと、そして機器間の通信プロトコルが顧客である完成車メーカーごとに別物であったため、同等機能のアプリケーションであっても納入先ごとにプログラムを作り分けする必要があったことである。これらの課題については、2000年代半ばから後半にかけて徐々に対処されてきた。2000年代前半は、ソフトウェア技術者やプログラマーを大量に投入するという人海戦術に頼らざるをえなかったが、後述するようにソフトウェアや機器間通信仕様の国際標準が策定されたことや開発ツールの標準化が進んできたことにより、対処法は多様化してきたのである。開発ツール標準化の中でも有効だったのは、MBD (Model Based Development) の採用である。モデルベース開発とは、シミュレーション設計の多用や自動コード生成等をつうじて効率的な開発を実現する手法のことである。実際、筆者が2013年春に取材したデンソー、日立オートモティブシステムズ、カルソニックカンセイ、ケーヒンといった有力な部品サプライヤーの開発部門では、いずれも2000年代半ばからMBDの採用を始めておりその効果が認められている。ただしMBDはまだ全ての開発プロジェクトに採用されているわけではなく、従来からの人海戦術を組み合わせることも必要であるため、開発手法の抜本的変革に向けた過渡期にあるというのが現状なのである。

### 明暗が分かれる「電動化」

自動車の電動化はわが国自動車産業が世界に先駆けて実用化してきた分野である。したがってこの分野の将来の成功如何こそが、わが国自動車産業の国際競争力の持続にとって極めて重要になってくる。電動化を象徴するのは、1997年に上市されたトヨタの「プリウス」と2010年に日米で同時にリリースされた日産の「リーフ」であろう<sup>(3)</sup>。前者はHEV、後者はBEVの代表的車種である。2013年末にトヨタのHEVの世界累計販売台数が600万台を超えたのに対し、ルノー＝日産が先導するBEVのそれは両社併せて2013年秋時点ですら約10万台に達したに過ぎない。

バッテリーだけで駆動するBEVの最大の短所は、搭載されているリチウムイオン二次電池のエネルギー密度が低いことである。リーフの場合、満充電での航続距離は228 km (JC08モード換算)であるが、運転状況やエアコンの稼働の有無によって実測値はこれよりもかなり下回ると予想される。さらには、充電インフラが未整備なこともあり、容易に遠出できないという弱点がある。平成24年補正予算に盛り込まれた「次世代自動車充電インフラ整備促進事業補助金」によって全国に充電設備の設置が進んだとされるが、それでも既存のガソリン車のような行動範囲を再現するのは難しい。結局のところ、完全に動力源を電気に依存するBEVよりも、内燃機関を併用

するHEVの方が市場から支持されているのが現状である。例えばわが国の新車販売市場を見ると、リーフが月販1,000台から1,500台前後であるのに対し、プリウスやトヨタのもう一つの看板車種に育ったHEVのアクアは月販で15,000台超となっており、両者の間には10倍強の差がついている<sup>(4)</sup>。かつて日産のカルロス・ゴーンCEOは、2020年までにBEVのグローバル市場規模は600万台に達すると豪語していたが、その達成は困難であろう。あくまで予測値ではあるが、ドイツのデュースブルク・エッセン大学が中心になってEUでまとめられた調査報告書によれば、2020年時点でのBEV (とRange Extender Vehicleと呼ばれる電気自動車一種) のグローバル販売台数比率はわずか1.5%、2030年であっても12.4%と予測されている<sup>(5)</sup>。

しかしながらBEV普及の失速は、わが国自動車産業の長期的な成長にとってむしろ逆効果である。その理由として、第1に、HEVは化石燃料の消費を抑制することはできても、ゼロにするわけではないことである。新興国市場の化石燃料需要の上昇とともに原油価格高騰は長期的には避けられない。HEVだけでは環境問題をクリアできないのである。第2に、HEVで成功しているトヨタのシリーズ・パラレル方式と呼ばれるシステムはかなり複雑であり、他社が追従できるものではないということである。マツダのようにトヨタからシステム自体を調達するののも一つの経営判断ではあるが、世界の主力完成車メーカーが同じ選択をするとは限らない。むしろその逆であり、HEVの複雑性を嫌忌して別のソリューション探索に進むことも想定される。そうなればHEVの優位性は相対的に低下せざるをえない。そして第3に、HEVの長すぎる延命は、次世代自動車<sup>(6)</sup>の本命とされるFCV (Fuel Cell Vehicle: 燃料電池車) の普及の妨げになりかねないからである。トヨタは2015年にFCVの市販車上市を予定しているが、HEVからBEV、そしてFCVといったように段階を踏んでユーザーの環境意識を醸成していくことなしにはその成功は難しいと考えられるのである。

HEVで成功しているトヨタがカニバリを恐れてFCVの事業化に消極的になれば、先進的な次世代自動車の技術開発の芽は摘まれてしまう。BEVの市場が盛り上がりFCVの実用化が遠のいてしまうと、わが国の次世代自動車の柱はHEVのみになり、海外メーカーの台頭を許すことになるだろう。それは高い技術開発力を背景に国際競争力を維持してきたわが国自動車産業の終焉を想起させる。

また、部品サプライヤーの対応状況についての懸念もある。図1は、内燃機関 (ENG)、HEV、BEV、そしてそれらの組み合わせ別に参入している部品サプライヤーの企業数と企業規模を整理したものである。参入数が最も多いセグメントは今なおENG分野である。その次に多いのがHEVとBEVの双方に参入している場合である。これだけであれば、部品サプライヤーのHEVとBEVへの対応は順調に進んでいるように見えるが、企業規模に目を向けるとHEV並びにBEVの両方に参入しているのは大企業中心 (資本金平均417.3億円、従業員数平均4,512人) であることが分かる。その一方で、ENGだけに参入している企業の平均像は全セグメントの中で最も小さい (資本金平均76.3億円、従業員数平均1,057人)。

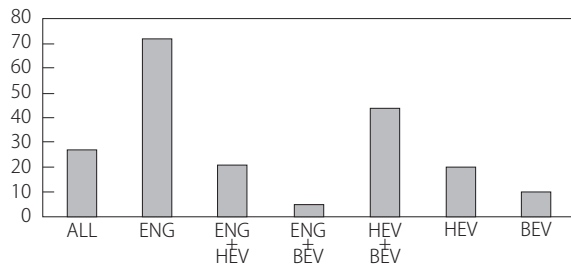


図1: HEV/BEV部品参入領域別企業数(上)と企業規模(下)

参入領域	資本金		従業員数	
	平均(億円)	n	平均(人)	n
ALL	579.6	27	12,818	27
ENG	76.3	72	1,057	72
ENG + HEV	100.0	21	2,830	21
ENG + BEV	100.8	5	1,357	5
HEV + BEV	417.3	44	4,512	42
HEV	172.9	20	1,088	18
BEV	340.2	10	2,637	9

図1: HEV/BEV部品参入領域別企業数(上)と企業規模(下)

注: ALLは全分野の部品への参入を、ENGは内燃機関部品への参入をそれぞれ意味する。

出所: アイアールシー編(2011). ハイブリッド車/電気自動車の生産動向と部品・素材メーカーの参入状況 2011年版. 同所をもとに筆者作成。

これが意味するのは、企業規模が大きい(そして同時に技術開発力や設備投資余力のある)企業ほどHEVやBEVといった先進的な分野への参入に成功しているが、相対的に企業規模の小さい企業は依然としてENG中心の事業分野に留まっているということである。電子化のところでも述べたように、カーエレクトロニクスのビジネスは相対的に大企業中心という側面が否めず、したがって産業の基層を構成する多くの中小・零細企業がその恩恵にあずかることは難しいのである。もっと踏み込んで言うならば、先進的な分野への移行ができないこういった企業には、長期的には存立基盤を喪失する怖れがあるということである。電動化にまつわるビジネスは、先進的な二次電池やそれに付随した電子制御システム関連のものばかりを指すわけではない。BEVにはそれ固有の部品がいくつも必要になる。一例を挙げると、バッテリーを車体に固定するためのステーには、電動化に関連する部品でありながらも伝統的な機械加工の技術が要求される。電動化への関与にはこういった形もあるということを中心・零細企業は認識し、自社の強みを発揮できる部品に挑戦していくことが必要である。

翻ってBEVのビジネスは、貧弱な二次電池の性能を所与とした上で、相応の商品企画ができれば新しい機会を提供してくれることが実証されている。その最たる例は、今やアメリカ第4の完成車メーカーとして上場企業にまで成長したテスラである。シリコンバレーのITビジネスで成功したイーロン・マスク氏率いる同社は、パナソニック製のラップトップ用リチウムイオン二次電池(18650セル)を6,831本も搭載したBEV「ロードスター」を2008年に上市した。この車種の特長は、エネルギー密度が足りないゆえに、数多くの、そして重いバッテリーを積まなければならない点を逆手にとり、車体は英ロータスから調達した二人乗りのスポーツカーに限定したことで、BEVならではの運動性能と航続距離を実現した点にある。商業的に成功したテスラは、トヨタとGMの合併会社だった

旧NUMMIの工場買収の後、2012年には高級セダンの「モデルS」を発売しこれも高い評価を得ている。テスラの成功要因は、端的に言えば、徹底したモジュラー化の設計思想を貫いたことと基幹部品(そして車体そのものまでも)を外から調達したことにある。その上で、貧弱なバッテリーであってもより長い距離を航続できるような電池のマネジメント技術を同社がコア・コンピタンスにしていたこと、そしてガソリン車とは明確に異なるBEV固有の商品性(入力ゼロからトルクを最大に発揮できる点を最大限活かすことができるスポーツ車に特化したこと)を訴求したことが大きい。テスラの成功は、ユーザーが必ずしもBEVに航続距離だけを求めているわけではないことを示唆している。

こういったニッチ市場をねらったBEVの事業化は、国内にも見出すことができる。例えば、名古屋近隣の津島市に本社を構えるイーブイ愛知がそうである。同社はもともと自動車販売・修理と保険を扱う中小企業であったが、近隣の経営者から賛同者を募り、2011年8月に法人を設立した。同社の最初の事業は、ガソリン車から内燃機関、トランスミッション等を取り外し、市販のバッテリーとモータを搭載してBEV化するということであった。このような改造BEVのことをコンバージョンEVと呼ぶ。使用される基幹部品の大半は、商社を通じて主にアジア圏の国から調達しており、いわゆる国内ブランドの高級品ではない。同じような業態はわが国のあちこちに既に存在するが、イーブイ愛知の場合、コンバージョンEVの対象を、既に車両本体はおろか補修部品の販売まで終了しているような人気絶版車をBEVとして再生するという「電動レストア」に特化したことで高い評価を得た。ただし同社は当面コンバージョンEVを大きなビジネスにする考えはなく、研究開発の題材として位置づけている。その替わり、ITS世界会議や名古屋モーターショーといった大規模展示会に参考出品することで知名度を上げ、関連するビジネスに収益源を見出そうとしている。現在注力しているのは、次に取り上げる情報化、つまりITSの分野である。

以上のように、電動化の現状はその分野によってはっきりと明暗が分かれているとみなすことができる。HEVとBEVであればHEVが、BEVの中でも大企業と中小企業・ベンチャーであれば後者が一定の成功を収めている。電動化については、将来のFCVの普及も見据えた上で、BEVの今後の動向が重要になってくるであろう。最優先事項は、よりエネルギー密度が高く、ガソリン車と較べて遜色ない水準の二次電池を開発し普及させることである。それによってBEVのビジネスの展開可能性は大きく変化するはずである。もともとモジュラー化の設計思想との親和性が高いため、実用レベルのバッテリーが標準化されて外販されるようになれば、自動車産業の構造を一変するほどのインパクトを持ちうる。もしもそれが難しいのであれば、テスラやイーブイ愛知の事例のように、貧弱な電池性能を所与としたBEVならではの商品性を訴求することが肝要になってくる。

#### 新領域としての「情報化」

はじめに指摘しておかねばならないのは、ここでの「情報化」とはカーナビ等の情報機器が提供するマルチメディアの

発達を指すわけではないということである。その意味での情報化は、前述の電子化の領域で既に実用化されている。ここで議論する「情報化」は、ITSのいっそうの発展のことである。2000年代には、完成車メーカーの独自開発によるカーナビと連動するテレマティクスのサービスや、ETC (Electronic Toll Collection system: 自動料金収受システム)の普及という一定の進歩があった。これからのITSの主たる領域は、「繋がる」技術である。冒頭で述べたように、車車間通信と路車間通信の技術開発を進めることで、車両の自動運転が現実味を帯びてきている。自動運転については、トヨタが2010年代後半に、日産が2020年の実用化を宣言している。このことから今や次世代自動車とは、前述の環境技術に焦点をあてたHEVやBEVを意味するのみならず、事故を起こさない安全技術を組み込んだ側面をも併せ持つようになっていく。部品サプライヤーのデンソーも、電子化領域としてのセンサ技術や走行制御の技術のみならず、実際に走行している多くの車から集めたビッグデータを活用した衝突回避のための安全技術の開発に着手するなど、注目度は高まってきている<sup>7)</sup>。

自動運転については国も力を入れている。2013年には、経産省が4メートル間隔でのトラックの隊列走行に関する実証実験を成功させた。また内閣府、警察庁、総務省、経産省、国交省で構成される運転支援システム高度化計画策定関係省庁連絡会議は、2013年10月に「運転支援システム高度化計画」を発表し、同時に自動走行の実用化に向けたロードマップを示している。これによれば、2017年前後には車車間通信と路車間通信システムに関する主要なシステム開発が終了し、2020年から自動走行システムの試用開始となっている。また、このシステムの事業化をつうじて世界シェア3割を獲得するという野心的な目標が添えられている。ただし、起点が2013年に東京で開催されたITS世界会議であることから、この道程はかなりハイペースな計画になっていることが懸念される。

自動運転が安全にまつわる究極の技術であるということのみならず、この新しいシステムがわが国の技術開発力を高め、将来の国際競争力に寄与するであろうというねらいを鑑みれば、官民一体となったこの取り組みには期待したいところである。しかしながら気になるのは、トヨタ、日産といったわが国の主要完成車メーカーの実用化に向けたロードマップと国の標榜するものとの間に若干の乖離が見られるということである。企業、国ともに2020年が実用化に向けた目標地点であるものの、企業単独での技術開発の進展なくしては、国が考えているような包括的な交通体系の整備には至るまい。トヨタや日産のロードマップを基準にすると、国が想定する自動走行システムの試用開始は早くともそれ以降にずれ込まざるをえないであろう。

それに加えて、ITSが目指す到達点である自動走行には、純粋な技術的課題が山積していることも指摘しておかねばならない。懸念されるのは、自動運転を取り巻く環境要因があまりに不確かかつ複雑だという点である。一言に自動運転といっても、閉鎖された区間に全車両が自動で走行するような状況を即座に整備することはまず不可能である。自動運転を適用する範囲(どの車両が対象か)、自動運転の程度(手動での運転も併用可能か否か)、自動運転の運用を開始するタイ

ミング、目まぐるしく変化し続ける道路状況(天候、気温、時間帯、自転車や歩行者の存在)、システムそのもののフェイル・セーフのあり方、さらには自然災害や交通事故等の緊急事態への対応といったように、ざっと挙げるだけでも環境を規定するこれだけの変数が存在し、それぞれの変数の組み合わせは膨大に存在する。当然ながら、技術開発時に全ての局面を想定し完全に対処することは不可能である。現実には、一般道で自動運転の運用を開始した時点では、自動運転が適用された車両とそうでない車両が道路上に混在し、そこには自動運転の対象にならない自転車や歩行者の予測困難な挙動、刻一刻と変化する道路状況の存在が前提になる。こういった予備的検証がほぼ不可能な状況を考えるとき、自動運転をどのようにアレンジし適用していくのかというシナリオは真剣に議論しておかなければならない。そして、それら無数とも言える変数の組み合わせへの対処は、システム開発に携わる企業に大きな負荷を課すことにも繋がる。その手当も事前に考慮しなければならないだろう。

#### 電子化、電動化、情報化と相互依存関係にある「標準化」

標準化は、いくつかの局面に分けて考える必要がある。それは例えば、設計仕様、開発ツールや手法、生産やデリバリーといった場合である。これまで議論してきた電子化、電動化、情報化との関係で言うならば、設計仕様については欧州企業が主導するAUTOSARやFlexRayといったソフトウェアや機器間の通信プロトコルの標準化<sup>8)</sup>とBEVの急速充電方式をめぐる日系企業主導のCHAdeMoと欧米企業主導のコンボというハードウェア規格の標準化競争<sup>9)</sup>、開発ツールや手法では前述のMBDやISO16949/26262<sup>10)</sup>、そして生産やデリバリーでは主要完成車メーカーが進めるモジュール生産方式(トヨタTNGA、日産CMF、VWのMQB等<sup>11)</sup>)が挙げられる。

これらは電子化、電動化、情報化を開発・生産する諸活動を効率化するために必要不可欠なものばかりである。いずれも一定の成果を上げてきているが、これらはあくまで自動車産業固有の標準化の範疇から逸脱するものではない。しかしながら、とりわけ情報化に拘わる分野においては、民生用エレクトロニクス機器との仕様共通化を前提とする大きな意味での標準化が始まるかもしれない。その萌芽になりうるのが、2014年初頭に表明されたOAA (Open Automotive Alliance) の設立である。このアライアンスには、IT分野からGoogle、半導体分野からNVIDIA、そしてホンダ、GM、アウディ、現代といった日米欧韓を代表する完成車メーカーが名を連ねる。目的は、コネクテッド・カーと呼ばれる車車間通信を実現する車に、Googleがスマートフォンやタブレット端末向けに開発した民生用プラットフォームの「Android」を導入することにある。これには企業側、ユーザー側双方に大きなメリットがある。

まず企業側にとっては、ソフトウェアやシステムの民生用リソースを再利用することができること、完成車メーカー間のインターフェースの違いを吸収できること、そしてアップデートを含むシステムのメンテナンスが比較的容易にできることが挙げられる。とりわけリソースの再利用は開発工数の大幅削減に貢献すると同時に、これまで民生用のソフトウェアを開発していたベンダーを潜在的な外注先として調達上の

検討対象に上げることが可能になる。他方のユーザー側にとっては、スマートフォンで慣れ親しんだインターフェースのまま車の諸機能を操作できるようになること、また企業側のメリットの裏返しとして車を乗り換えても操作環境が変わらないこと等を挙げることができる。開発工数削減の程度によっては、自動車という製品の価格が下がる可能性もある。

このように民生用プラットフォームの自動車への導入は、自動車産業とエレクトロニクス産業との融合を加速する、価値のあるイノベーションである。しかしながらそのためには、これを実用化の水準にまで引き上げなければならないということに加えて、それによる商品のコモディティ化（市況品化）の脅威についても考慮しなければならないのである。まず前者については、トラブルが人命に拘わる自動車という製品特性上、プラットフォームを民生用の仕様のまま移転することはまず不可能である。現状でも、電子化によって自動車に大量に実装されている半導体、HEVやBEVに搭載するための二次電池は、いずれも民生用とは比べ物にならないくらい厳しい品質基準と耐久性をクリアした専用設計品ばかりである。したがってソフトウェアやシステムのプラットフォームも同様の手続きを踏むことは避けられないだろう。なぜなら、民生用エレクトロニクス機器、例えばスマートフォンの場合は、なんらかの不具合が起きてOSが再起動してもさして問題はないが、走行中の自動車を制御する重要なシステムが突然ダウンするようなことは断じて許されないからである。したがって自動車産業の品質基準を満足するシステムの堅牢性が要求されることになるが、これは追加コストの発生を意味し移転のメリットを減殺する。

そしてより重要なのは、インターフェースの共通化はコスト低減に有効であるのと同時に、各社の差別化要因を奪うことにもなるということである。それが長じては自動車のコモディティ化に繋がり、完成車メーカーや部品サプライヤーが単なるアセンブラー（組立屋）に成り下がりはいかないかという懸念がある。これは実際、わが国エレクトロニクス産業で起こったことである。わが国自動車産業は、この二の舞を演じるわけにはいかないのである。Googleの提唱するOAAにトヨタと日産が加盟していないのは、両社が民生用プラット

フォームの導入に対して警戒感を持っているからではないかと推察される。

しかしながら、眼前の厳しい競争環境と経営資源の逼迫した状況を直視するならば、あえてこの「劇薬」に手を出さざるをえないことも理解できなくはない。現に、トヨタをベンチマークに徹底した自前主義を貫いてきたホンダですら、近年は系列外の外資系部品サプライヤーを重用する思い切った外注政策に転じており<sup>(12)</sup>、そしてまた件のOAAにも加わっているのである。電子化、電動化、情報化をいっそう発展させていくために様々な標準化に取り組むことは必要不可欠であるものの、その効用と副作用とを慎重に吟味していくことも、今の自動車産業に拘わる企業には求められている。相対的にハードウェアに重心を置く完成車メーカー、部品サプライヤーが、Googleのような純血のソフトウェア、システム開発企業とどのような関係を構築していくかによっては、将来の自動車産業のリーダーの交代を見ることに繋がるかもしれない。

#### まとめと展望：わが国自動車産業に携わる既存企業への処方箋

図2は、ここまでの電子化、電動化、情報化そして標準化の議論を冒頭でも指摘したグローバル化との関係から図示したものである。その特徴を一言で述べると、電子化、電動化、情報化、標準化の4つの要因は循環型促進の関係にあるということである。つまり、直近のトレンドである電動化と情報化のイノベーション進展が電子化を促進し、より高度な電子化を実現するために標準化への要求が高度化するようになり、そして標準化されたハードウェアやソフトウェアの技術仕様並びに諸規格の整備が電動化、情報化と電子化のいずれにも更なる進化を促すことで、これら4つのイノベーションがスパイラルアップしている構造である。経済活動のグローバル化は、このような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である。グローバル化で特筆すべき論点は2つあり、1つは新興国市場での競争激化、もう1つは4つの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にいかに対処するかである<sup>(13)</sup>。

企業間の密接な協力関係を基盤に開発・生産の諸活動を最適に組織化してきたわが国完成車メーカーとサプライヤーに

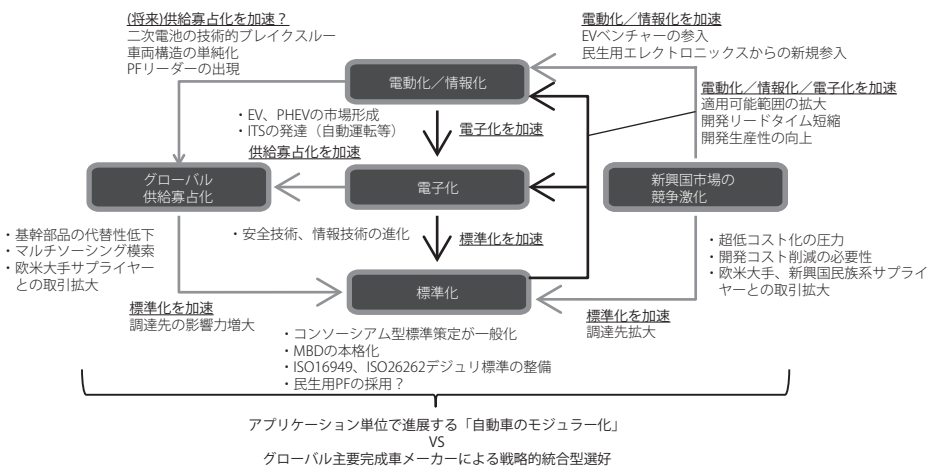


図2：電子化、電動化、情報化と標準化のスパイラルアップ構造  
出所：筆者作成。

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。畢竟、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間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。ハードウェア（ECUや半導体、二次電池等）とソフトウェア（個別の制御アルゴリズムやシステム単位の仕様、開発ツールや手法）の標準化が進展してきたことで、既に自動車には目に見える範囲のモジュラー化が少しずつ始まっている。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。拙稿（2013c）では、こういった完成車メーカーによる（ある程度）コントロールされたモジュラー化を指向する姿勢のことを「戦略的統合型選好」と呼んだ<sup>(14)</sup>。すなわち、自動車の製品アーキテクチャ（基本設計思想）の根幹は密接な擦り合わせを前提とする統合型を維持し、製品の付加価値を高める上で必要不可欠な部分だけを選択的にモジュラー化することで、その影響の範囲や程度を管理・統制しようとするアプローチである。この行方もまた、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。

翻って部品・素材サプライヤーや資本財メーカー、さらにはソフトウェア・ベンダーといった完成車メーカーと分業関係にある企業群は、このようなイノベーションの渦中でどのような戦略を選択すべきであろうか。これらの企業は、完成車メーカーの戦略的統合型選好に抗うのと同時に、製品（部品）のコモディティ化を回避することにも配慮しなければならないというジレンマを抱えている。このトレード・オフのように向き合うかが、成否を決める鍵となりそうである。

まず電動化については、二次電池メーカーに思い切った戦略転換をする権利が委ねられていることを指摘したい。現在のところ、世界中で完成車メーカーと二次電池メーカーの共同開発をつうじてリチウムイオン二次電池の性能向上が進められているが、革新的なブレイクスルーを見るまでには至っていない。エネルギー密度不足の問題は、そう簡単に解決しようにはない。したがって性能向上を念頭に置いた先端的な技術開発ばかりではなく、現在の能力を所与としたバッテリーのビジネスがあってもいいはずである。例えば、パナソニックは自社のラップトップ用リチウムイオン二次電池セルを多数搭載したBEV用のバッテリー・モジュールを2009年に発表した。こういったコンセプトの部品を採用したのは（全く同じものではないが）アメリカのテスラだけと言っても過言ではない。筆者のヒアリングによれば、前述のコンバージョンEVを製造する企業には、大手二次電池メーカーのこういったモジュールを購入したいという意向があったにも拘わらず、価格が高すぎることで売り手側の大企業が容易に取引に応じてくれないことで諦めざるをえなかったというケースがいくつかあった。一つ一つの案件は小さいものかもしれないが、海外市場まで見渡せばこういった需要は数多く見つけられるだろう。これらの需要に応え、生産数量を増やしていくことでさらなるコストダウンに成功すれば、大手完成車メーカーも調達上の検討対象に挙げてくることは間違いない。ビジネス

スとしてはモジュラー化の利用ではあるものの、自ら汎用品を外販して顧客を獲得することは、特定の完成車メーカーとの関係を有利に導くことに繋がる。つまり、その後の取引における交渉力のバランスに変化を期待することができる。そしてその意思決定は、二次電池メーカー側に委ねられているのである。

次に電子化と情報化では、国が本腰を入れて実用化を進めようとしている自動運転に注目したい。この領域での成功の鍵は、いかに早くアプリケーション単位での得意領域を見極め、そこにポジショニングして先行者利益を獲得できるかどうかにある。前述のように、国が想定する完成形としての自動運転社会の到来は予想よりも遙かに先のことになるだろう。あまりにも不確実性が高すぎるからである。しかしながら、ぶつからない車として高い評価を得たスバルの運転支援システム「アイサイト」（開発・生産は日立製作所と日立オートモティブシステムズ）のように、アプリケーション単位で画期的なシステムが登場した実績はある。このように特定領域で他社の追随を許さない実績を積むことで、全体像を掴みづらい自動運転やITSのビジネスでも一定の成功を収めることが期待できる。例えば、取引特種投資の成果物としての技術を国のロードマップに適合させ、業界標準仕様に選定されるように働きかければ、大きな収益源に育つことであろう。

そして標準化については、完成車メーカーも含めて、「ボッシュを見習え」と強く述べたい。デンソーと並び世界最大の部品サプライヤーであるドイツのボッシュは、かつてAUTOSARやFlexRayといった欧州企業主導の国際標準規格の策定において、完成車メーカーを凌駕するほどのリーダーシップを発揮したことで、自社の得意な技術を国際標準として採用させることに成功した。この事例が示唆するのは、標準化が業界全体で非競争領域の資源を共有するというだけのきれいな事ではないということである。自社の得意領域が国際標準に採用されることがどれだけ大きな機会を生むかということボッシュは良く理解していた。前述のOAAの紹介でも述べたように、ソフトウェアやシステム開発の現場で現在検討されている民生用プラットフォーム導入もまた、それによって巨大な権益と産業への支配力を手に入れようとしている企業がいることを忘れてはならない。タフな交渉相手である完成車メーカーをある意味合理的に出し抜き、自らの強みを最大限発揮できるようなビジネスの場づくりの手法と熱意は、わが国の企業にも見習ってもらいたいものである。

最後に、これはあらゆる部品・素材サプライヤーや資本財メーカーに提言したいことである。それは、新興国の民族系企業との取引に着手し、思い切った品質とコストの見直しを学習すべきだということである。日本製品は高品質だが価格が高すぎるということは世界中の知るところであり、わが国エレクトロニクス産業がそのような評価のもと凋落していったことは記憶に新しい。慎重にこのことに向き合うと、もはや価格が高ければ品質が良いことなど当たり前であるという事実を直視せざるをえないということに気づかされる。そう考えると、わが国企業が標榜する高い品質とは本当に価値のあるものなのだろうかという疑問にたどり着くのである。これからのわが国製造企業全般に求められているのは、適正品

質と適正価格のバランスを満足した上での顧客からの評価である。不具合を起こさずに部品をダウングレードし、品質とコストをバランスさせるのも立派な技術力だということである。しかしながら、現在のわが国自動車産業に携わる部品・素材のサプライヤー等の企業にとって、品質を下げるというイノベーションは非常に困難なことであろう。なぜなら、世界で最も品質に厳しいと言われる国内市場で長年競争を繰り広げ、基準を極限まで引き上げてきた結果、企業の高品質追求は高止まりしてしまっているからである。このような状態を拙稿(2014)では「品質の高原(Plateau of the quality)」と呼んでいる<sup>(15)</sup>。この高原から下山する、つまり適正品質と適正価格の再探索とは、本稿で取り上げた電子化、電動化、情報化、標準化に次ぐ第5のイノベーションと捉えてもいいたろう。そのヒントは、新興国の民族系企業との取引の過程で見出すことができるはずである。彼らがどこにこだわり、どこにこだわらないのかという実態が明らかになれば、自ずと解は見つかるはずである。

図2でも示したように、経済活動のグローバル化や様々なイノベーションの進展は、自動車産業を取り巻く競争環境を驚くほど複雑にしている。そこでの競争に勝ち残って持続的発展を遂げるために、これまでのビジネスのあり方を見直すことの重要性をここでは説いてきた。ただし急いで付言しておかねばならないのは、本稿の主張は、わが国自動車産業に携わる様々な企業の行動パターンが、欧米や新興国の有力企業に典型的に見られる機会主義的なそれに大きく傾倒することを推奨するものではないということである。わが国企業に特有の、こつこつと改善し学習し続ける姿勢や企業間の信頼を大切にするという商習慣・商道德は、わが国企業をわが国企業たらしめている重要なアイデンティティであると同時に、他国の企業には模倣困難な競争力の源泉でもある。戦略的な行動とは、そういった排他的固有性に立脚したものであるべきだということを強調しておく。決して、諸外国企業のデッドコピーであってはならないのである。

## 注

- (1) 日本自動車部品工業会の統計値をもとに筆者算出。
- (2) 日経Automotive Technology・日経エレクトロニクス編(2005). カー・エレクトロニクスのすべて. 日経BP, p. 282参照。
- (3) 世界初の量産電気自動車は、2009年に発売された三菱自動車工業の「i-MiEV」である。ただしこの車種は既存ガソリン車がベースにあったのに対し日産リーフは専用車種であること、また販売実績はリーフの方が圧倒的に多いことから、ここでは主にリーフについて言及することにした。
- (4) 日本自動車販売協会連合会集計を参照。
- (5) University of Duisburg-Essen ed. (2012). Competitiveness of the EU Auto Industry in Electric Vehicles: Final Report. p. 30参照。
- (6) 「低炭素社会づくり行動計画」(2008年7月閣議決定)によれば、次世代自動車にはHEV、PHEV(プラグイン・ハイブリッド車)、BEV、FCV、CDV(クリーン・ディーゼル車)、CNG(天然ガス車)が含まれるとされている。
- (7) 日刊自動車新聞2013年12月27日、第3面「デンソー、NECと協業へ 安全技術分野でビッグデータ活用」参照。

- (8) 欧州企業が主導する各種の標準策定とその戦略については、例えば徳田昭雄・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. 晃洋書房が詳しい。
- (9) CHAdeMOとはCHArge de MOveの略であり、2010年にCHAdeMO協議会として設立された。主幹事企業はトヨタ、日産、三菱自、富士重工業、東京電力である。CHAdeMOの公式ウェブサイトによれば、2014年1月現在、26カ国の430以上の組織が加盟している。他方のコンボの正式名称はCombined Charging Systemであり、CHAdeMoに対抗する規格として2012年に発表された。主導するのは、アメリカのビッグ3(GM、フォード、クライスラー)とドイツのBMW、ダイムラー、VWグループ3社(VW、アウディ、ポルシェ)の8社である。両規格の技術的な違いには大きく分けて2つあり、1つ目はCHAdeMOが普通充電と急速充電のコネクタを別個に分けているのに対してコンボはコネクタを1つに統合していること、2つ目はCHAdeMOが交流電力を使用するのにに対してコンボは直流電力を利用できることである。実際に車両で使用される電力は交流から直流に変換されているため、コンボ規格にはその変換ロスを低減できる長所がある。しかしながら量販BEVでは日系の日産や三菱自が先行していることから、日本を中心にCHAdeMO規格に対応した充電ステーションの方がより普及しているのが現状である。
- (10) ISO16949はISO9001を基準とした自動車産業向けの品質マネジメント・システム、ISO26262は電子制御システム開発における機能安全に関する標準規格のことである。
- (11) TNGA: Toyota New Global Architecture, CMF: Common Module Family, MQB: Modulen Quer Baukasten(独語)の略。いずれもモジュール化された部品クラスターとプラットフォーム等を組み合わせた、積み上げ方式による生産思想である。
- (12) 拙稿(2013a). 電子化・電動化で崩れるケイレツ: ホンダが方針を転換するワケ. 日経Automotive Technology, 日経BP, 2013年5月号参照。
- (13) グローバル供給寡占化について近年最も深刻に問題視されたのは、2011年3月11日に発生した東日本大震災直後のサプライ・チェーン寸断である。被災したルネサスエレクトロニクスはグローバル規模の寡占企業であり、その車載用半導体の供給が途絶えたことで、わが国のみならず海外企業の工場にまで影響が及んだ。この問題点についての詳しい議論は、例えば拙稿(2013b). サプライ・チェーンのリスクマネジメントと企業間の協調的行動の限界: 東日本大震災後のルネサスエレクトロニクス復旧プロセスを事例に. 産業学会研究年報, 産業学会, No. 28, pp. 29-42が詳しい。
- (14) 拙稿(2013c). 自動車の電動化・電子化が駆動する標準化. 社会システム研究, 立命館大学社会システム研究所, No. 27, p. 113参照。
- (15) 拙稿(2014). 製造企業の試作機能・プロセスに関する予備的考察. 名古屋学院大学論集(社会科学篇), 名古屋学院大学総合研究所, 第50巻第4号, Forthcoming参照。