

Discussion Paper Series, No.009
Research Center for Innovation Management,
Ritsumeikan University

自動車産業における競争次元の転換 ーエコカー市場の本格成長に見る新しい技術競争ー

立命館大学大学院経営学研究科 博士課程後期課程
佐伯 靖雄

2010年2月



立命館大学イノベーション・マネジメント研究センター
Research Center for Innovation Management, Ritsumeikan Univ.

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1
1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
<http://www.ritsumeikan.ac.jp/acd/re/ssrc/innovation/dp/index.htm>

- ※ 本ディスカッションペーパー中、意見にかかる部分は著者によるものであり、立命館大学イノベーション・マネジメント研究センターの見解を示すものではない。
- ※ 引用・複写の際には著者の了解を得ること。

自動車産業における競争次元の転換 —エコカー市場の本格成長に見る新しい技術競争—

立命館大学大学院経営学研究科 博士課程後期課程 佐伯 靖雄

目次

はじめに

1. 1990年代以降の世界自動車産業の動向

2. 自動車の電子化と今日的課題

3. エコカー市場における新しい競争領域

おわりにかえて

はじめに

2008年下半期に露わになった米国発金融危機の影響が実体経済へ波及したことにより、世界の自動車市場は一時的な調整局面に突入することを余儀なくされた。しかしながら、これに対処すべく各国が景気刺激策としてエコカーの購入助成を推進したことで、自動車産業における競争局面は大きな転換を迎えた¹。すなわち、環境対応車、次世代燃料車競争の本格化である²。

これにより、それまでのアプリケーション主導の競争次元（典型的には米国市場における既存技術をベースにしたライト・トラックに代表される、応用技術に依存した販売法とブランドによる競争）が、再びハイブリッド車やプラグイン・ハイブリッド車、あるいは電気自動車といったエコカーに代表されるテクノロジー主導型に戻ったと捉えることができる。かつて

¹ 日本では、環境対応車への買い換え・購入に対する補助金と、国土交通省の定める環境性能を満たした自動車の重量税と取得税とを減税する制度が2009年4月1日から始まった。とりわけ減税（通称：エコカー減税）の場合、「平成17年排出ガス基準75%低減レベル&平成22年度燃費基準+25%達成車」に該当するハイブリッド車では、自動車取得税、自動車重量税のいずれも全額免除になる。このため2009年5月以降、トヨタのプリウスの国内販売台数が激増し、6月には長らく国内販売台数1位だったスズキのワゴンR（軽自動車）を抜き、年間の販売台数は合計20万8,876台に達した。海外でもハイブリッド車は増加しており、2008年には世界で約90万台が販売された。今後は更に普及すると見られ、野村総合研究所(NRI)試算によれば、2020年にはハイブリッド車1,200万台、電気自動車150万台の市場規模に達するとされる。これは世界の自動車年間販売台数（2020年予測7,200万台）の約2割に及び、この他にも既に実用化されているクリーン・ディーゼル車やエタノール車も含めると、今後10年でエコカーの比率は急速に高まることになる。

² 環境対応車、次世代燃料車等を総称して、本研究ではエコカーと呼ぶ。エコカーには、以前から実用化されているLNG（液化天然ガス）車、エタノール車、フレックス燃料車（エタノールとガソリンの混合燃料）、水素自動車等があり、近年注目されるようになったものとしては、ハイブリッド車、プラグイン・ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車等がある。このほかにも、燃料自体は旧来の化石燃料でありながらも、単位燃料あたりの走行距離の面で効率性に優れるものとして、欧州で人気のあるクリーン・ディーゼル車や排気量1リットル級のコンパクト・カーやサブコンパクト・カー等も実質的にはエコカーに含まれる。また、ハイブリッド車も細かく見ていくといくつもの派生形態があり、トヨタの開発したシリーズ=パラレル方式という極めて独創的かつ高度な技術水準を要するシステムから、一般的なガソリン車にアイドリング・ストップ機能を付与しただけのマイクロ・ハイブリッドまで、その範囲は広く多様である。

Abernathy[1978]が自動車産業の成熟化を指摘し、技術面での競争が生産技術主体になったと指摘して久しいが、事実、フォード・システム普及以降の自動車産業では、技術革新は概ね漸進的だった。そのため、競争次元は次第にアプリケーション主導になり、割賦販売やリース販売といった金融商品との組み合わせによる販売法の確立、あるいはブランド管理といったマーケティングに重心が移っていた。もはや自動車は、成熟商品であるとの見方が大勢のなか、1980年代頃から本格的に始まったとされる自動車の電子化、すなわちカーエレクトロニクスの普及がついには動力源にまで達し、1997年には量産車世界初のハイブリッド車となる、トヨタ・プリウスの上市へと結実した。

しかしながら、まだこの当時のハイブリッド車並びに水素自動車、エタノール車等のエコカーは、相対的に低位安定していた原油価格のために本質的な競争力を持ち得ず、また燃料供給のためのインフラ整備問題もあり、環境意識をアピールする一部の有名人や新製品に敏感なリードユーザーを除いては、まだ一般的な購入対象とはならなかった。その後、2000年代中盤以降に進んだ記録的な原油高を経て、徐々に環境意識が一般のユーザーにも浸透していくようになった。その後2008年の米国発金融危機に伴うリセッションの打開策として展開された各国のエコカー購入助成をトリガーにして、ついに次世代燃料車が現実的な選択肢としてユーザーの前に提示され、エコカーは市民権を獲得したのである。これにより、各国の完成車メーカーはエコカー開発に本腰を入れ始めた。いや正確には、本腰を入れざるを得なくなったというべきであろう。言い古された用語で形容するならば、マーケット・インから再びテクノロジー・プッシュへと競争次元が転換したということである。

この急激な競争次元の転換には、過去の自動車産業では見られなかった興味深い現象を確認することができる。それは第1に、基幹部品となる二次電池の開発が、完成車メーカーの単独の取り組みではなく、専門企業との共同開発になっている点である。これまでもカーエレクトロニクス関連部品の開発・生産は、その大半がサプライヤーに委嘱されてきたものの、動力源領域においても、もはや完成車メーカーは唯一絶対の存在ではなくなりつつあるということである。

第2に、エコカー市場には、いわゆるトヨタやGM、VW (Volkswagen A.G.)といったグローバル・プレイヤーのみならず、それまで中下位の位置づけに過ぎなかった完成車メーカーや、新参のベンチャー企業が参入していることである。例えば、前者は、2009年に世界で初めて量産向け電気自動車を上市した三菱自動車工業であり、後者はアメリカのテスラ・モーターズ(Tesla Motors)や中国のBYD Auto (比亞迪汽車)である。以降、本研究では第1の点に着目し、その背景とこれまでの経緯を整理する。

第2の点については、詳細な検討は今後の課題であるが、なぜこのような中下位メーカーや新興メーカーが新しい技術領域の主役として急遽出現したのかという要因分析が必要である。仮説的に指摘できるのは、ここでもエレクトロニクス関連の技術力に優れるサプライヤーと、そこで

必要とされる技術の流通ルートが存在である。三菱自動車工業の場合には三菱電機の強力なサポートがあり、またテスラの場合、車体設計はマレーシアのプロトン(Proton)傘下にある英ロータス(Lotus Cars)が担当し、二次電池関連の制御技術だけを同社が担っている。更にテスラは、二次電池の外販も行っている。その一方で BYD のように、新興企業でありながら、公表値上は驚くほどの連続航続距離を謳った二次電池を開発する企業も現れている。これらの技術はモジュラー化されているため、要素技術単位で専門企業が複数存在し、それらクラスターでは個別に技術革新が進められている。各クラスターの専門企業は、産业内で共有されたインターフェースのルール(design rules)に従っているため、必ずしも顧客との密接な相互作用を必要とはしていない。このような特徴は、Baldwin and Clark[2000]が指摘するモジュラー化された産業において多く見られる。この点は第3節で詳しく議論する。

自動車産業における競争次元転換の背景には、このような競争環境の激変が見られるのである。したがって、今後の自動車産業における完成車メーカー間の競争のあり方は、少なくともこれまでのように他産業と比べて堅固に維持されてきた垂直統合型のサプライヤー・システム間のそれではなくなっていくであろう。それと同時に、完成車メーカーにとっては、これまで以上に戦略的提携の意義が大きくなっていく。自動車産業では1990年代後半に、企業規模の拡大によって次世代燃料車開発に対応するという壮大な社会実験が世界規模で行われたが、それらの大半は失敗した。産業を牽引する機関車としての完成車メーカーの役割は、ここに限界を露呈したのである。

以上のような問題意識のもと、本研究では、これまでのエコカーをめぐる世界の自動車産業の趨勢を整理した上で、今後の競争において何が重視されるのか、そして我々はどうのような視点から今日の自動車産業における分析を進めていくべきかという課題を探索していく。第1節では、次世代燃料車開発に向けた最初の取り組みが進められた1990年代以降の自動車産業の動向を整理し、その経緯を説明する。第2節では、現在のエコカー関連技術の基盤となったカーエレクトロニクスに注目し、同部品市場の発生・成長過程と課題について言及する。そして第3節では、もはや始められたエコカー市場における新しい競争領域を概観し、ポスト内燃機関時代の競争のあり方を模索する。なお、前述のようにエコカーには様々なシステムが存在するが、本研究では特に断りのない限り、現在最も注目されており、続々と実用化されつつあるハイブリッド車、プラグイン・ハイブリッド車、電気自動車といった二次電池を動力源に用いるシステムを次世代燃料車と位置づけ、主たる分析対象とする。

1. 1990年代以降の世界自動車産業の動向

(1) 主要国の市場動向

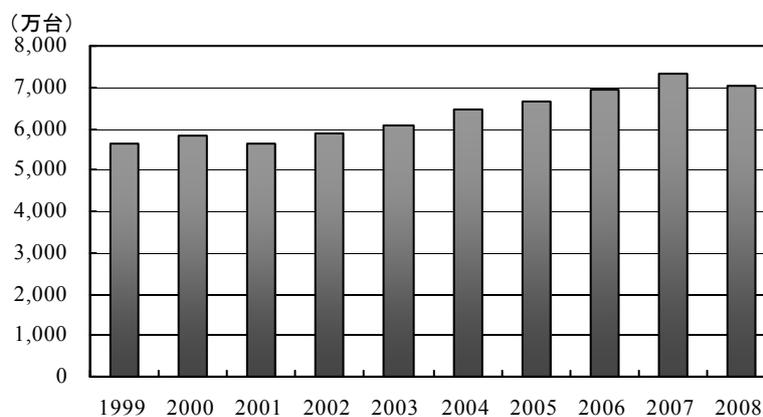
最近年まで、自動車産業ではBRICsの台頭によって新興市場の興隆が顕著であった。しかしながら、2008年下期からの米国金融危機に端を発するリセッションにより、自動車産業は調整局面

に入った。各国自動車市場の需要は急速に冷え込み、グローバル規模で事業活動を行う完成車メーカーの業績は著しく悪化した。生産並びに販売台数でも世界トップに立ったトヨタでさえ、2009年3月期の連結決算では、販売台数が前期比134万6千台減の756万7千台、売上高が同21.9%減の20兆5,295億円、また営業利益は同2兆7,313億円減の4,610億円の損失、当期純利益は同2兆1,548億円減の4,370億円と厳しい結果に甘んじざるを得なかった。

また詳細は後述するが、世界同時不況により、その震源地となった米国ビッグ3のうちの2社を筆頭に、欧米の完成車メーカーや有力サプライヤーが相次いで経営破綻した。図1に示すように、今世紀に入ってから右肩上がりに推移していた世界の自動車生産台数は2008年に約260万台も減少した。今回の不況は長期化が予想されており、今後も厳しい数値が続くであろう。

自動車産業は以上のような厳しい調整局面に置かれているが、ここでいったん2008年下期の急激な転換点以前に目を向け、それまでの同産業の趨勢について簡単に整理しておこう。まず、生産・販売共に世界最大級へと急成長した中国では、米欧日韓の主要な完成車メーカーが現地資本との合弁によって参入しており、熾烈な競争を続けている。一国にこれだけの数の外資系完成車メーカーが進出している例は他には無く、ある意味で、中国市場のありようは世界競争の縮図と捉えることができる。現段階ではこれらの合弁企業によるシェアが上位を占めるが、その中において民族系メーカーも着実に力をつけ、台頭してきている。

図1. 世界自動車生産台数の推移



出所) OICA (The International Organization of Motor Vehicle Manufacturers).

他方で、日本のスズキが現地政府と共に市場を育ててきたインドにおいても、ここ数年で各国主要完成車メーカーによる新規参入が相次いでおり、競争は激化しつつある。インドでも、民族系のタタ自動車(Tata)が超低価格車を上市したり、フォード(Ford)から「ジャガー(Jaguar)」「ランドローバー(Land Rover)」ブランドを買収したりといった点で話題をさらう等、現地資本の成長が

著しい。ブラジルは国内で販売される自動車の8割近くが、ガソリンとエタノールの混合燃料（またはエタノールのみ）で動くフレックス燃料車であり、競争条件が特異である。また、ロシアでも近年日本の完成車メーカーが現地生産に乗り出す等、2008年まで市場は拡大していた。

以上の BRICs 市場の成長に牽引され、2008 年上期までは世界規模で自動車産業は成長過程にあった。次に、これら BRICs を含む主要国の近年における市場動向について見てみよう。表 1 は、2005 年から 2007 年までの 3 カ年における主要国の自動車生産台数、販売台数、輸出台数の集計値である。まず、集計期間中における販売台数首位はアメリカであり、これは長年不動の地位であった。しかし近年は中国の販売台数が大きく伸びており、2009 年には約 1,350 万台を販売し、世界一となった。中国以外ではロシア市場の成長が顕著であったが、それ以外の国では販売台数は殆ど横ばいであり、大きな変動は見られなかった。

表 1. 世界主要国の生産台数、販売台数、輸出台数(2005 年～2007 年)

		生産台数:万台			販売台数:万台			輸出台数:万台		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
北米	カナダ	269	257	258	163	167	169	—	—	—
	アメリカ	1,195	1,129	1,078	1,744	1,705	1,646	206	205	240
	メキシコ	168	205	210	113	114	110	—	—	—
南米	ブラジル	253	261	297	171	193	246	90	63	64
欧州	スウェーデン	—	—	—	32	33	36	—	—	—
	オランダ	—	—	—	55	57	60	—	—	—
	ベルギー	—	—	—	—	—	—	87	85	76
	ロシア	135	150	166	135	225	289	—	—	—
	イギリス	180	165	175	283	273	280	132	124	132
	ドイツ	576	582	621	361	377	348	408	418	466
	イタリア	104	121	128	250	260	277	50	60	65
	スペイン	275	278	289	196	195	194	225	227	239
フランス	355	317	302	255	250	258	432	429	470	
アジア大洋州	中国	571	728	888	577	722	879	—	—	—
	日本	1,080	1,148	1,160	585	574	535	505	597	655
	韓国	377	384	409	114	116	122	259	265	285
	インド	164	202	231	144	175	199	—	—	—
	オーストラリア	39	33	33	99	96	105	—	—	—
アフリカ	南アフリカ	53	59	53	56	65	67	—	—	—

出所) 日本自動車工業会 <http://www.jama.or.jp/>より筆者作成。

注) 台数は、いずれも乗用車と商用車の合計値。

次に生産台数については、2005 年に日本がアメリカを抜いて首位に返り咲いた。日本は 1990 年代の不況期に生産台数を減らし、長らく首位の座をアメリカに譲っていたが、国内完成車メーカーの好調に後押しされる形で生産台数を伸ばしたのである。また中国は、生産台数でも顕著な伸びを示しており、2005 年にドイツ、2008 年にアメリカを抜き、2009 年には日本に大差をつけて世界一となった。2007 年以降も、巨大な自国市場が生産増加分を吸収する形で生産台数は伸び

続けており、今後輸出が本格化することを考えると、当分の間は成長基調を維持すると見られる。また、中国以外の BRICs 各国も集計期間中には生産台数が増加傾向にあった。なかでも、中国に次いで注目されるインドの生産台数の伸びが大きい。他には、欧州のドイツで増加傾向、逆にフランスでは減少傾向となっているものの、全体的に大きな変動は見られない。

最後に輸出台数については、2007 年時点で日本が首位、フランスが 2 位、そしてドイツが 3 位となっている。第 4 位には韓国が入る。注目の中国、インドはこの資料では集計されていないが、BRICs 諸国に概ね共通する特徴は、増加する生産台数が拡大基調にある自国市場に吸収されるという構図である。したがって輸出に回される台数は現時点では限定的である。

以上の販売・生産・輸出概況は、言うまでもなく世界規模のリセッション以前、つまり市場拡大期のデータである。2009 年には、中国が生産・販売台数を大幅に伸ばし、生産で日本を、販売でアメリカを抜き去り、名実共に世界最大の自動車大国に上り詰めた。また、遠くない将来には、輸出台数も躍進するであろう。これを受けて、世界自動車産業における販売・生産・輸出のランキングは大きく変動することになるため、ここで示したのはあくまで 2000 年代中盤までの姿に過ぎないことに注意されたい。

このような情勢下にあって、完成車メーカーを支えるサプライヤーもまた、目まぐるしく変動する競争環境に翻弄されてきた。時にはそれは完成車メーカーの購買政策への対応であったり、また時には自主的な戦略的意思決定によるものであったりした。1990 年代以降の趨勢に注目するならば、サプライヤーにとって市場拡大のための最大の関心事はグローバル化であった。サプライヤーのグローバル化には、大きく分けて能動的行動と受動的行動とがある。前者は、世界的に見ても大規模なサプライヤーに多く見られる。例えば、アメリカの巨大サプライヤーや欧州の一部のサプライヤーがこれに該当する。彼らは、独自の意思決定によって多国籍企業化し、取引先を拡大してきた。他方、後者の場合は完成車メーカーのグローバル化に歩調を合わせ、所謂随伴進出と呼ばれる戦略を採る。系列取引に依存してきた日本のサプライヤーの大半がこれに該当する。彼らにとっては、市場自体はグローバル化したとしても、主力取引先は本国の顧客のままであるということが多い。BRICs の如く潜在成長性の高い国を除けば、いずれの形態を採るにせよ、サプライヤーは持続的な成長を望む限り、事業のグローバル化が不可避である。

ここで簡単に、サプライヤーの競争する市場規模について確認しておこう。データがやや古いですが、2004 年時点で、世界全体の市場規模は約 160 兆円と巨大である。日本は約 19 兆円市場であり、新車組付用部品を表す OE(Original Equipment)部品（乗用車・商用車合計）は約 16 兆円市場となっている。日本市場の特徴は、欧米やアジア圏と比較して OE 部品比率（特に乗用車の比率）が高いことである。米欧日の成熟市場では今後大きな伸びが期待できないため、やはり多くのサプライヤーにとっては、中国をはじめとする新興国での事業拡大が至上命題となっている。

現代の自動車事業は、グローバル化を前提としている。そして、グローバル規模で成功するた

めには、完成車メーカーはいかに優秀なサプライヤーを見つけ出し、安定的に取引していくかが重要であり、逆に、サプライヤーは完成車メーカーの選抜に適うだけの経営資源の獲得が不可欠である。しかしながら、多くの完成車メーカーがそのような周到なサプライヤー管理を追求してきたとは言い難い。それを次の企業間関係の動向から見てみよう。

(2) 企業間関係の動向

近年の自動車産業における企業間の買収・提携・(提携) 解消といった動きには枚挙に暇がない。直近では2008年下期以降、その前は1990年代から2000年代中盤にかけて大規模な再編が相次いだ。まず1990年代の世界的な再編は、アメリカと欧州の完成車メーカー中心に進められた。これには、大きく分けて3つの傾向が見られた。

第1の傾向は、米国メーカーによる欧州メーカーの買収である。欧州では、1990年にスウェーデンのサーブ(Saab)の乗用車部門がGMに、1999年には同じくスウェーデンのボルボ(Volvo)の乗用車部門がフォードによって買収された³。また、GMは2000年にイタリア最大手のフィアット(Fiat)にも資本参加した⁴。第2の傾向は、欧州メーカー同士の買収である。1994年に独BMWは、経営不振に陥っていた英ローバー(Rover)を買収した。しかしながらローバーの再建はうまくいかず、ローバーが保有するMini等の一部ブランドを除いて同社は2000年にイギリスの投資グループへと再度売却された。このとき、ランドローバー(Land Rover)部門はフォードに売却され、残った部門はMGローバー(MG Rover)となったが、結局経営不振は拭われず、最終的に2005年に破綻した⁵。また、独VWは1991年にチェコのシュコダ(Skoda)及び1996年にスペインのセアト(Seat)を、1999年に仏ルノー(Renault)はルーマニアのダツィア(Dacia)を各々傘下に収めた。そして第3の傾向は、欧州メーカーによる北米メーカーの買収である。これは言うまでもなく、1998年の独ダイムラーによる米クライスラー(Chrysler)の吸収合併、すなわちダイムラー＝クライスラー(Daimler Chrysler A.G.)設立である。

このような世界的な再編劇は、日本においても例外ではなかった。1996年にフォードがマツダを、1999年にルノーが日産自動車を、そして2000年にはダイムラー＝クライスラーが三菱自動車工業を傘下に収めた。これら外資系メーカー傘下に入った日本の完成車メーカーの間には、提携効果に大きな差異が見られた。顕著な失敗例は三菱自動車工業である。2003年、ダイムラーは三菱自動車工業から大型商用車部門(三菱ふそう)を分離・独立させて同社を引き取り、続く2004年には乗用車部門を手放した。結局、三菱自動車工業は自身のリコール隠しの問題もあり、提携の効果を殆ど見出すことはできなかった。他方、フォードとマツダの関係においては、提携効果

³ 2000年、GMはサーブを完全子会社化した。

⁴ 2005年、GMは経営不振のためフィアットとの提携を解消した。

⁵ 2005年に中国の南京汽車がローバーの経営権を獲得したが、その南京汽車の自動車関連部門は2007年に中国最大手の上海汽車によって買収された。

は十分にあったものの、フォード側が米国市場の大型車販売不振によって巨額の負債に苦しむこととなった。唯一、ルノー＝日産連合だけが成功例とされるが、ルノーから日産自動車に送り込まれたカルロス・ゴーン氏の改革は「日産バリューアップ」において数値目標の未達が発生してしまったことで、今後の動向が注目されている。

その後の 2000 年代中盤以降も再編は続く。1990 年代の世界的な再編の背景には、来るべき次世代燃料車開発のために完成車メーカーの規模拡大が必然視されたこと、そして各メーカーが安易にそれに追従してしまったことがある。しかしながら、周知の通りこれらの再編の大半が失敗に終わった。2000 年代中盤以降の再編は、無策のまま進められた企業連合拡大に対する調整であった。欧州では、「世紀の大合併」と喧伝されたダイムラー＝クライスラーが合併のメリットを見出すことなく 2007 年にクライスラーを分離し、同社を米投資会社に売却することで約 10 年の提携に終止符を打った⁶。また、ドイツの高級スポーツカー・メーカーであったポルシェ(Porsche A.G.)は、欧州最大の完成車メーカーである VW の筆頭株主となったものの、買収に伴い財務状態が著しく悪化したことで、逆に VW からの買収提案を受け入れ、両社は経営統合を進めることになった。

そして、2008 年下半年期に起こった米国発の金融危機による影響もまた、自動車産業の再編に拍車をかけた。その直接的契機となったのが、米国ビッグ 3 の凋落である。金融危機は急速な信用収縮を併発し、それによって米国市場における自動車販売台数は著しく減退した。そのため、米国ビッグ 3 はいずれも手元流動資金が急速に枯渇し、経営危機に陥ったのである。金融危機の少し前に増資を終えていたフォードは、2009 年に巨額の赤字を計上しながらも辛うじて存続し得たが、70 年余にわたって世界自動車産業のトップに君臨し続けてきた GM は 2009 年 6 月に、そしてクライスラーはその 1 ヶ月前の 5 月に連邦破産法 11 条を申請し、経営破綻した。

破綻後のクライスラーはいち早く再建手続きを終え、新しく伊フィアットからの資本を受け入れて、同年 6 月には事業を再開した。それとは対照的に、クライスラーの資産規模を遙かに凌ぐ GM の再建には時間がかかっている。表 2 は、GM グループの再建にまつわる主要な出来事を日本経済新聞の記事から抜粋し、必要事項を追記して整理したものである。

GM グループの崩壊は、2009 年 2 月のスウェーデン子会社サーブの経営破綻から始まった。その後、欧州 GM とも呼ばれる欧州事業の主要子会社である独オペル(Adam Opel GmbH)のグループ分離案が浮上し、同年 5 月には紆余曲折を経てカナダの大手サプライヤーであるマグナ・インターナショナル(Magna International)とロシアの銀行との連合グループに売却することで基本合意したが、その後他の投資会社からの買収提案があったり、政府管理下に入った新 GM 経営陣が売却

⁶ クライスラー部門の売却を巡っては、同社と取引関係が深いカナダ部品大手のマグナ・インターナショナルが買収に名乗りを上げるのではないかという情報も流れたが、史上初のサプライヤーによる完成車メーカーの買収は実現しなかった。これは、他の完成車メーカーとも部品の取引があるマグナが、クライスラー買収によって顧客と競合関係になることで部品事業に影響が出ることを懸念したためと言われている。

見送りを検討するといった情報が流れたりしたが、9月にいったんは当初計画通りの売却で決着した。しかしながら、11月に入ってGMは急遽売却を撤回し自社で再建する方針を発表し、混乱が続いている。他にも、GM本体からはSUV(Sports Utility Vehicle)ブランドのハマー(Hummer)が中国の建機メーカーに、そして小型車ブランドのサターン(Saturn)が米自動車販売大手ペンスキーへとそれぞれ売却されることとなり、いすゞへの譲渡交渉がうまくいかなかった中型商用トラック事業からは撤退することが決まった⁷。グループ崩壊の端緒となったサーブについては、同じくスウェーデンの高級車メーカーへの売却が決まったものの、その後2009年11月末に売却交渉が破談している。また、1984年にトヨタとの共同出資によって設立したNUMMIからの撤退も決定した。このように、GMは一時国有化により、保有するブランド数を大きく減らす縮小均衡によって出直すこととなった。

表2. GM グループの再建過程

日付	概要
2009年2月21日 朝刊	スウェーデンのサーブが事実上経営破綻し、裁判所に法的管理下での企業再生法の適用を申請。
2009年5月31日 朝刊	加マグナと露政府系銀行ズベルバンクの連合による独オペル(英ボグゾール(Vauxhall)含)買収で基本合意。
2009年6月2日 朝刊	連邦破産法11条を申請。
2009年6月3日 朝刊	ハマー(Hummer)ブランドを中国重機中堅の四川騰中重工機械に売却することで暫定合意したと発表。
2009年6月6日 朝刊	サターン(Saturn)ブランドを米大手ディーラーのペンスキー・オートモーティブ・グループに売却すると発表。
2009年6月9日 朝刊	7月末までに中型商用トラックから撤退すると発表。
2009年6月12日 朝刊	スウェーデンのサーブを同国高級車メーカーのケーニヒセグ(Koenigsegg)に売却することで基本合意。
2009年6月30日 朝刊	トヨタとの合弁企業NUMMIから撤退を発表。
2009年9月11日 朝刊	独オペルを加マグナ連合に売却決定。
2009年10月1日 朝刊	サターン・ブランド売却交渉決裂のため、同ブランド廃止の方針を発表。
2009年11月4日 朝刊	独オペルの売却の撤回と自社で再建する方針を発表。
2009年11月25日 オンライン版	サーブ売却交渉が破談。

出所)『日本経済新聞』各日記事より筆者作成。

米国ビッグ3で唯一破綻を免れたフォードにおいても、2009年10月に傘下のボルボ・カーズを中国の吉利汽車に売却することで基本合意しており、GM同様に欧州戦略の見直しは避けられない状況にある。ボルボの売却によって、フォードは欧州で買収した全ブランドを失うことになり、直系の欧州フォードを残すのみである⁸。また同社は、2008年には財務内容の悪化により、

⁷ その後GMとペンスキーの売却交渉が決裂したため、GMは2009年10月にサターン・ブランドの廃止を発表した。

⁸ ボルボに先立ち、フォードはそれまでに獲得していた欧州の高級車ブランド群(2007年にアストンマーティン、2008年にジャガーとランドローバー)を売却している。これにボルボが加わると、フォードが欧州で展開してきたPAG(Premium Automotive Group)は完全に姿を消すことになる。

グループ内の小型車開発で貢献してきたマツダの株式の一部も手放している⁹。

米国ビッグ3が凋落した原因は、彼らの事業が米国内の安いガソリン価格に下支えされ、米国市場以外では殆ど需要の無い（しかしすこぶる利益率の高い）フルサイズ・ピックアップ・トラックや大型SUVに特化し、世界的な需要のある小型車やハイブリッド車のような環境適合車の開発を怠ったことにあると久保[2009]は指摘する。つまりビッグ3再建は、短期的には財務面での調整で取り繕うことができて、彼らは市場ニーズの高いエコカーを開発・生産するための経営資源を既に失ってしまったため、長期的には厳しいものにならざるを得ないということである。

日本では、2008年下期のリセッション以前から業績が悪化していたGMの世界戦略見直しによる影響が大きかった。日産系列を離れた後にGMと提携していた富士重工業は2005年にGMグループから離脱し、トヨタ自動車傘下となった¹⁰。また、2006年にGMからの出資比率が3%まで低下したことでスズキがグループを離脱（2008年11月には資本提携解消）、同年いすゞ自動車もGMとの資本提携を解消し、富士重工業同様にトヨタ自動車傘下へと移行した。これによって国内完成車メーカーの勢力図は一変し、トヨタ・グループは本体であるトヨタ自動車、子会社の日野自動車工業、ダイハツ工業に加えて、いすゞ自動車、富士重工業を擁することとなり、国内12メーカーのうち5社がトヨタ系となった。

また、日産自動車でもグループ内の再編があった。2006年に同社は、大型商用車の系列メーカーである日産ディーゼルの持株19%のうち13%をスウェーデンのボルボ¹¹へと譲渡した。これには日産自動車の筆頭株主であるルノーの意向が強く働いたとされる。2001年以降、ボルボの筆頭株主はルノーであるため、これはルノー、日産自動車、ボルボ3社を含むルノー・グループ全体としての再編であった。

2009年後半には、欧米勢の資本から離脱したスズキ、三菱自動車工業に新たな動きが見られた。まずスズキは、同年12月に独VWとの資本業務提携を発表した。これにより、VWはスズキの株式19.9%（議決権ベース）を獲得して筆頭株主になる。また、提携発表時点の世界販売台数では、両社を合算するとトヨタを上回り、世界最大の自動車連合となる。他方で、三菱グループ管理下で再建中だった三菱自動車工業は、同年12月に仏PSA(Peugeot Citroën)と資本提携を模索していることを公表した。交渉の条件次第では、PSAの50%超の出資も有り得るとのことである。

その一方で、サプライヤーの側にも大規模な再編が見られた。アメリカでは、1998年にGMの部品内製部門であったデルファイ(Delphi)が、2000年にフォードの同じく部品内製部門であったビステオン(Visteon)がそれぞれ分離・独立した。これにより、アメリカには巨大なサプライヤーが2社も誕生したことになるが、一時期は売上高世界第1位にもなったデルファイが2005年に経

⁹ これにより、フォードによるマツダへの出資比率は、33.4%から約13%に低下した。

¹⁰ 2008年、トヨタ自動車は富士重工業への出資を8.7%から16.9%まで引き上げることを決定した。

¹¹ このボルボは、スウェーデンのトラック他コングロマリットのことであり、フォードに事業を譲渡した乗用車部門(Volvo Cars)のことではない。

営破綻し、独立後 10 年を待たずして経営再建を余儀なくされた。他方、ビステオンも業績が低迷し、部品事業の一部を親会社フォードに買い戻してもらおうといった支援を受けたものの、結局 2009 年 5 月に経営破綻した。

これに代わって北米最大のサプライヤーとして頭角を現してきたのが、カナダのマグナである。同社は、数々の M&A によって規模を拡大してきた。また、オーストリア子会社では完成車メーカーの車体組立も請け負っている。そして 2009 年 5 月には GM から独オペルを買収することが決定し、悲願の完成車事業進出を果たしたと思われたが、GM の翻意により事実上買収案は凍結されてしまった。

マグナと並んで注目すべきは、ドイツのコンチネンタル(Continental A.G)である。同社はもともとタイヤ・メーカーであったが、マグナ同様に M&A によって規模を拡大してきた。そして 2007 年、同社は独ジーメンス(Siemens A.G)の自動車機器事業部門である VDO の買収を決定した。これにより、同社はタイヤ等の素材部品からシャシーや駆動系といった機械系の部品に加え、VDO が保有するカーエレクトロニクス部品まで揃える総合自動車部品メーカーとなったのである。ところが 2008 年にコンチネンタルは、逆に独ベアリング大手のシェフラー・グループ(Schaeffler Group)からの買収を受け入れた。その規模は独ロバート・ボッシュ(Robert Bosch GmbH)や日本のデンソーに次ぐとされている。

日本のサプライヤーにも大きな変化が見られた。2001 年、日産自動車の進める「日産リバイバルプラン(NRP)」により、同社は保有する系列サプライヤー株式の大半を放出した¹²。その後、旧日産系列のサプライヤーの中には、独立系として自立する企業もあれば、ファンドに買収される企業もあった。時間はやや遡るが、1996 年にフォード傘下に入ったマツダにおいても、系列サプライヤーの見直しが進められた。日産自動車やマツダが系列の紐帯を緩め、系列範囲の大規模な見直しを図ったのに対して、トヨタ自動車とホンダは逆にグループの結束を固める行動を採った。トヨタ・グループでは、まず 2001 年にデンソー、アイシン精機、住友電工のブレーキ事業を統合してアドヴィックスが設立され、2004 年に豊田紡織、アラコ、タカニチが合併しトヨタ紡織が、続く 2005 年には豊田工機、光洋精工が合併しジェイテクトが相次いで設立された。他方のホンダは、軽自動車の生産を委託している八千代工業の持株比率を 34.5%から 51.14%まで引き上げることで子会社化した。

他にも、経営悪化に伴う再編も見られた。2007 年 9 月には、家電部門の採算悪化を背景に、カーナビ大手のパイオニアが第三者割当増資を実施してシャープ傘下に入ったり（シャープは発行済み株式の 14.28%を保有）、2008 年 10 月にはカーAV 市場に参入している日本ビクター(JVC)とケンウッドが経営統合して共同持株会社 JVC ケンウッド HD が設立されたり、更に 2009 年 7 月には総合電機メーカーかつ自動車部品大手でもある日立製作所が自動車機器事業部門を日立オー

¹² 資本関係を解消しなかったのは、系列最大手のカルソニックカンセイのほか、愛知機械工業、日産車体、ジャトコトランステクノロジー、日産ディーゼル工業だけである。

トモティブシステムズとして分社化したりといった動きが見られた。

このように、再編は国内外で完成車メーカー、サプライヤーを問わず絶えず行われており、同産業における競争環境がいかに厳しいものであるかを容易に推察することができる。一連の再編を説明するための要因のひとつとして、欧米サプライヤーが推進する部品のモジュール化がある。機能部品群の集成度を高めたモジュール部品を供給するには、一定以上の企業規模が必要とされる。とりわけトヨタ・グループのサプライヤー再編は、モジュール化対応の性格が濃厚である。なお、既存サプライヤー間での再編に加え、今後は新興国の有力サプライヤーがグローバル市場に参入してくることで、こういった動きは一層加速すると予測される¹³。

ここまでの議論が示しているように、自動車産業では 1990 年代後半以降、企業規模の拡大によって次世代燃料車開発に対応するという戦略が採られてきた。しかしながら、大半の取り組みが頓挫し、単純な数の論理は通用しないことが明らかになった。この背景には、新興国市場の活況に沸いた 2000 年代前半は、多くの完成車メーカーがエコカーへの取り組みを一時的に棚上げしてしまっていたこと、また企業文化の異なる他国のメーカーとの間に効果的な相互作用を生み出す関係を構築できなかったこと等の理由が見られるものの、いずれにせよ完成車メーカーの描く世界戦略だけでは限界があったというのが事実である。

(3) 技術の動向

続いて、自動車産業及び同部品産業の技術動向についてである。1990 年代後半に進められた世界規模での自動車産業の再編は、大義名分としては次世代燃料車開発に代表される環境対応を見据えたものであった。現代の自動車産業において最も注目されているのは、言うまでもなく環境技術であろう。2000 年代中盤からの急激な原油高は、現在の主流であるレシプロ・エンジンの存続を決定的に脅かした。このような背景もまた、環境技術の進歩を後押ししてきたのである。

日本におけるエコカーの代名詞はハイブリッド車であるが、このハイブリッド車が成立するために、実は非常に高度かつ複雑な電子制御システムや大容量かつ高効率の二次電池が必要になる。これらのデバイスこそが、カーエレクトロニクスの中心的な部品群である。他方、欧州でのエコカーとはクリーン・ディーゼル車のことを指す。排気ガスの浄化性能を向上させるこの技術においても、コモンレール式電子制御燃料噴射と呼ばれる電子制御システムが採用されている。他にも、実用化に向けた取り組みが進められる究極のエコカーである燃料電池車においても、複雑な電子制御システムは不可欠である。

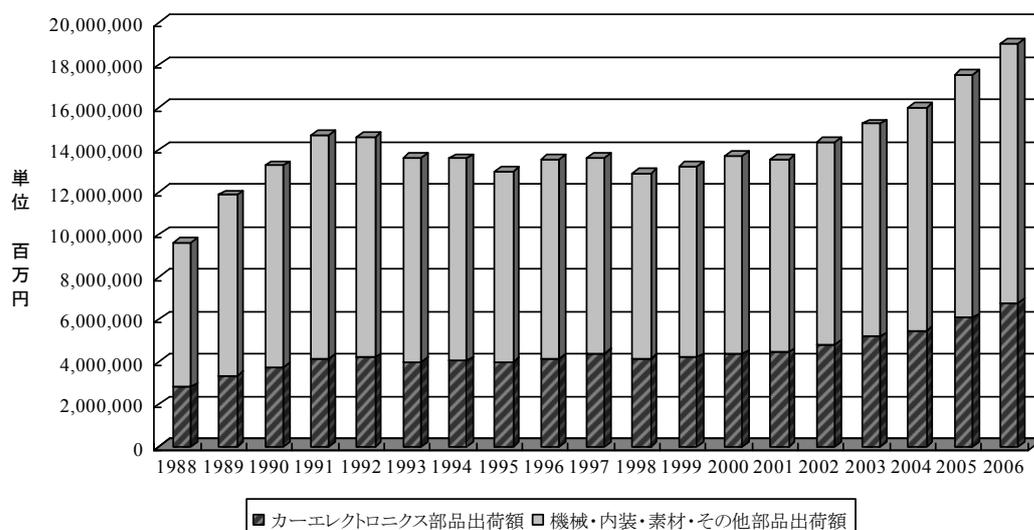
これらの環境技術は、完成車メーカーの手だけで開発されたものではない。完成車メーカーと共同で開発に携わり、時には技術的イニシアティブを取ってきたサプライヤーの存在抜きには、ハイブリッド車やクリーン・ディーゼル車量産化の成功を語ることはできない。以降、自動車の

¹³ サプライヤー間の再編が進む中、売上高で世界第 1 位を争う独ロバート・ボッシュと日本のデンソーだけは派手な M&A とは無縁である。

電子化に関わる一連のサプライヤー群のことを「カーエレクトロニクス・サプライヤー」と呼ぶこととする。カーエレクトロニクス領域には、大きく分けて「電装部品」「電子デバイス」「二次電池」が含まれる。カーエレクトロニクス・サプライヤーとは、これらの部品に関する開発・生産能力（或いは生産能力のみ）を持ち、完成車メーカー並びに他のサプライヤーと取引関係を構築する企業群のことである¹⁴。

カーエレクトロニクス・サプライヤーによって供給される電子制御システムの進歩は、環境対応のみに留まらない。環境と並び自動車に求められる安全面、更には快適性の追求においても、カーエレクトロニクスの貢献は極めて大きい。これら自動車をめぐる「環境」「安全」「快適」という3つの要素は、現代の自動車における付加価値の源泉である。現在、いずれの完成車メーカーの新型車においても、その訴求点を見ると、必ずと言っていいほどこれら3つの要素のいずれかに該当する。そして、それを担うのが電子制御システムや二次電池に代表されるカーエレクトロニクス部品なのである。自動車の絶対的な商品価値を左右する同部品は、完成車メーカーとサプライヤーとの共同作業によって開発・生産される。

図2. 国内自動車部品出荷額に占めるカーエレクトロニクス部品比率の推移



1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
29.3%	28.2%	28.4%	28.6%	28.8%	29.2%	29.8%	30.8%	30.8%	32.1%
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
32.5%	31.8%	32.0%	32.8%	33.6%	34.1%	34.0%	34.7%	35.6%	

出所) 日本自動車部品工業会監修『日本の自動車部品工業』各年版より筆者作成。

¹⁴ 傾向としては、電装部品と二次電池に一次サプライヤーが多く、電子デバイスに二次サプライヤーが多いということが指摘できる。ただし、カーエレクトロニクス・サプライヤーの取引関係は近年流動化してきているため、必ずしもこの限りではないことを注意されたい。

勿論、自動車の技術革新はカーエレクトロニクスによるものだけではない。高級車中心に普及しつつあるランフラット・タイヤや新方式のトランスミッション・システム、量販車にも普及の進む樹脂製バックドアの採用といった部品レベルでの技術革新は数多く見られる。しかしながら、カーエレクトロニクスほど継続して市場が拡大・成長するといったインパクトを持つ領域は、他には殆ど存在しない。

図2は、日本の自動車部品出荷総額とカーエレクトロニクス部品出荷額の推移を図示したものである。1988年時点、自動車部品出荷額に占めるカーエレクトロニクス部品の比率は29.3%だったが、1995年には30%超に、そして2006年には35.6%と全出荷額の3分の1強を占めるようになった。2006年における同部品の出荷総額は、6兆7,570億円である。この間、カーエレクトロニクス部品は一貫して比率を高め続けている。このことから、もはやカーエレクトロニクス部品とは決して特殊な部品ではなく、むしろその存在を抜きに自動車部品を論じることは難しいと言えよう。

2. 自動車の電子化と今日的課題

(1) 電子化を支えるカーエレクトロニクス

前節では、現代の自動車に必須の技術体系であるカーエレクトロニクスを紹介した。ここでは、このカーエレクトロニクス部品市場がどのような経緯を経て発生し、成長してきたかについて説明する。

日本の自動車部品産業では、戦前から既に点火系やヘッドライト等の部品が生産されていた。しかし、この当時は現在の意味での電子化というよりも、電氣化という表現の方が適当であり、これら初期のカーエレクトロニクス部品は、電装品と呼ばれていた。その後、電氣化された部品は少しずつ自動車に採用されるようになっていったが、最大の転機は1970年代に訪れた。この時期以降、カーエレクトロニクスが現在に至るまで継続して発展してきた要因は、大別すれば社会的要因と技術的要因とに集約される。

この頃、自動車の排気ガスによる大気汚染が深刻な社会問題となり、アメリカで厳しい環境規制が法制化されたことで、完成車メーカーでは飛躍的にエンジンの燃焼効率を高める必要性が出てきた。燃料噴射制御の技術は1950年代に実用化されていたが、1967年にトランジスタ式燃料噴射制御が採用され、信頼性や性能が更に向上した。それまでのカーエレクトロニクス部品といえば、主に点火系のスパークプラグやヘッドライト、カーラジオといった高度な制御技術を必要としない部品ばかりであった。その後カーエレクトロニクス部品は、度重なる環境規制の強化や乗員保護への強い要望等を背景に技術的發展を遂げていくのである。これら自動車にまつわる環境汚染、交通事故への対応という社会的要因が、カーエレクトロニクスを発展させた第1の要因である。

次に、カーエレクトロニクス部品は民生用エレクトロニクスでの技術革新を後追いで採用することで、その製品付加価値を高めてきた。最大の技術革新は 1971 年に発明された MCU (Micro Controller Unit : 通称マイコン) を車載用部品に応用したことである。これにより、1980 年代以降の制御能力は格段に向上する。MCU を使用したエンジン制御や、走行中の車体の挙動を管理する車両制御、そして快適性を向上させる各種のボディ制御等がその例である。MCU 以外にも、電子デバイス全般が高機能化しつつ低価格化したことで、コストに厳しい自動車部品であってもこれらを大量に採用することができたのである。また MCU の本格採用によって、カーエレクトロニクス部品の開発にはソフトウェア開発という新しい要素が加わった。そして現在では、ソフトウェアに求められる機能と開発工数は年々増加の一途を辿り、MCU 搭載の製品におけるソフトウェアの開発生産性の低下が民生・車載を問わず大きな問題となっているのである。

生産技術上の革新としては、1980 年代に SMT (Surface Mount Technology : 表面実装技術) が確立したことで、PCB (Print Circuit Board : プリント基板) 上にそれまでよりも遙かに多くの部品を実装することが可能となり、同時に自動化率を大幅に向上させることができた。これは、電子デバイスのチップ化による恩恵でもある。それまでリード線を PCB に差し込み、裏面から半田付けするという工程の時には、実装はもっぱら手作業によって行われていた。自動化によって半田付けも半田ゴテを使ったものからリフロー半田方式に変わり、実装不良が大幅に減少すると共に、生産性は格段に向上した。

その後 1990 年代には自動車の情報化が進み、更に環境分野では高度かつ複雑な制御技術が必要とするハイブリッド車が登場した。ハイブリッド車の量産化には、高効率の二次電池が不可欠であった。そして、エンジンと二次電池双方の動力をリアルタイムに制御するための技術も新しく開発された。このように、カーエレクトロニクス部品は民生用エレクトロニクスの進歩という技術的要因を背景に発展してきた。これがカーエレクトロニクス発展の第 2 の要因である。

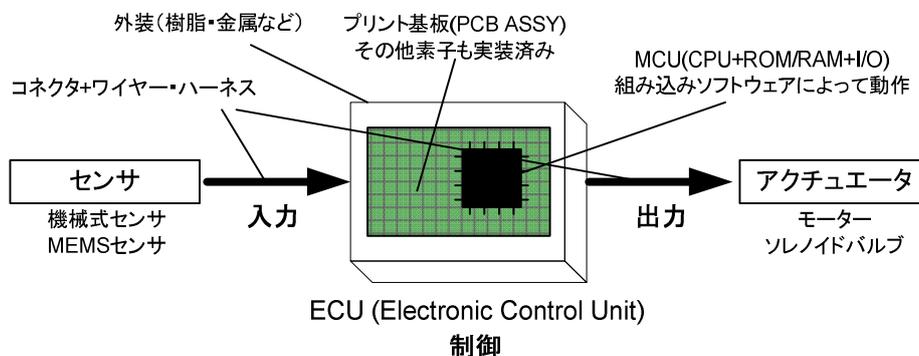
カーエレクトロニクス・サプライヤーには、増大するソフトウェア開発工数の確保や PCB 実装のため的高額な設備投資を可能とする企業体力が求められるようになった。メカニクス・サプライヤーから徐々にカーエレクトロニクス・サプライヤーに転身していった企業や、創業時から比較的単純なカーエレクトロニクス部品を生産してきた企業等、自動車部品産業起源のカーエレクトロニクス・サプライヤー以外にも、MCU を搭載する ECU (Electronic Control Unit)¹⁵ のように膨大なソフトウェア開発を要する制御ユニットには日立製作所や三菱電機といった総合電機メーカーも参入している。ソフトウェア開発に端的に示されるように、カーエレクトロニクス・サプライヤーの重要性は益々高まっている。

カーエレクトロニクス領域では、21 世紀に入ってからでも先進的な技術革新が続いている。図 3

¹⁵ カーエレクトロニクス部品の中でも制御を司る重要な部品である。構造は、PCB 上に MCU およびその他回路素子が実装され、その基板を金属等の外装部品が覆っている。他の部品とコネクタを介して連結することにより、電子制御システムの中核となる。

に示したのは、現在のカーエレクトロニクス領域における中心的な部品群、すなわち「電子制御システム」の基本的な構成である。この図では、センサからの入力信号をもとに ECU が制御を行い、出力信号をモーターに伝達することで、最終的にメカニクス部品との連携によって機能が成立する仕組みとなっている¹⁶。電子制御システムとは、「①車内外の状況を認識する“五感”を掌る『センサ』、②センサとアクチュエータを仲立ちする“頭脳”にあたる『ECU』、③ECU からの電気信号に反応して動く手足の“筋肉”に相当する『アクチュエータ』とからなるメカトロニクスの3要素と、それら(あるいは ECU 間)を結ぶ“神経線・血管”とも言うべきワイヤー・ハーネス(Wiring Harness)を加えた4要素から構成され、バッテリーがそのエネルギー源として関わるシステム¹⁷」である。

図3. 電子制御システムの基本構成



出所) 筆者作成。

近年では、カーエレクトロニクス部品と連携する機械システムを完全に無くし、電気的な信号の通信だけで機能を完結させる X-by-wire という技術が注目されている。Xには具体的な部品名が入り、あらゆる領域において機械・油圧機構からの置換が検討されている。実現すれば、車両内の大きく重い部品群が少なくなり車体レイアウトの自由度が大幅に広がるため、今まで想像もつかなかったようなデザインの自動車が開発可能になるとも言われている。他にもハイブリッド車のように環境対応分野、自動運転に繋がる安全分野、情報化を中心とした快適性の分野等、カーエレクトロニクス部品が活躍する場は広がっている。

環境分野で欠かすことができないのは、二次電池とモーターである。古くから自動車には鉛蓄電池（バッテリー）が搭載されているが、ここでいう二次電池とは、ハイブリッド車や電気自動車等の次世代燃料車に動力源として使用されるニッケル水素電池、Li イオン電池等のことを指す。

¹⁶ カーエレクトロニクス部品の中でも情報系部品にあたるカーナビやコンビメーターでは、同一機能部品内で入力・制御・出力の一連の処理が部分的に完結している。

¹⁷ 徳田・佐伯[2007],pp.55-56 参照。

またモーターは、走行やその補助と共に、発電機としての役割を担うという点で重要である。

カーエレクトロニクス部品の存在感は自動車1台あたりのコスト比率でみると、より明らかである。IEEE 調べによると、車1台に占めるカーエレクトロニクス部品のコストは、2005年モデル中級セダンで25%、高級大型車セダンでは50%に達する。日本車の場合、小型車の15%、高級車では30%近く、そしてハイブリッド車で約半分にまで比率が高まっているとされる。

自動車への採用が進む電子制御システムは、自動車部品のメカトロニクス化と言い換えることもできる。1980年代、電子化の影響は自動車よりも先に工作機械に表れていた。当時、半導体技術の進歩とその応用によって、マイクロ・エレクトロニクス (ME)技術が発展した。通商産業省産業政策局企業行動課編[1985]によると、当時のME技術の特徴は次のようなものであった。第1に、生産現場のFA (Factory Automation)化、設計業務のコンピュータ化等、業務効率を向上させた点である。なかでもFAは特に注目され、「『メカトロニクス』技術、すなわち、近代技術の核心にある『メカニクス(mechanics)』と『マイクロ・エレクトロニクス (micro-electronics)』との接合・結合・融合による金属加工領域における『生産技術』、なかでも『製造技術』の新たな展開形態¹⁸」と評された。そして第2に、ME技術が雇用に及ぼす影響、労働形態の変化の点である。ME技術の普及によって、工程が自動化され直接労働者の解雇が危惧されたが、結果としてそれは杞憂に過ぎなかった。

以上のような1980年代におけるME技術は、もっぱら開発・生産工程における「ツール」をメカトロニクス化したものであった。それに対して1990年代から本格化してきた自動車の電子化は、「製品(部品)そのもの」をメカトロニクス化しているという点で1980年代のそれとは異なるのである。

(2) 今日の課題

ところで、自動車の電子化は製品付加価値を高め続けてきたが、そのような効用の反面、看過し得ない大きな課題が指摘されている。カーエレクトロニクスにまつわる技術的課題、それは大きく3点ある。第1に電源の問題、第2にカーエレクトロニクス部品同士を連結するワイヤー・ハーネス増加にともなう車体重量増と設置スペースの不足、そして第3に急増するECUのソフトウェア開発生産性低下の3点である。

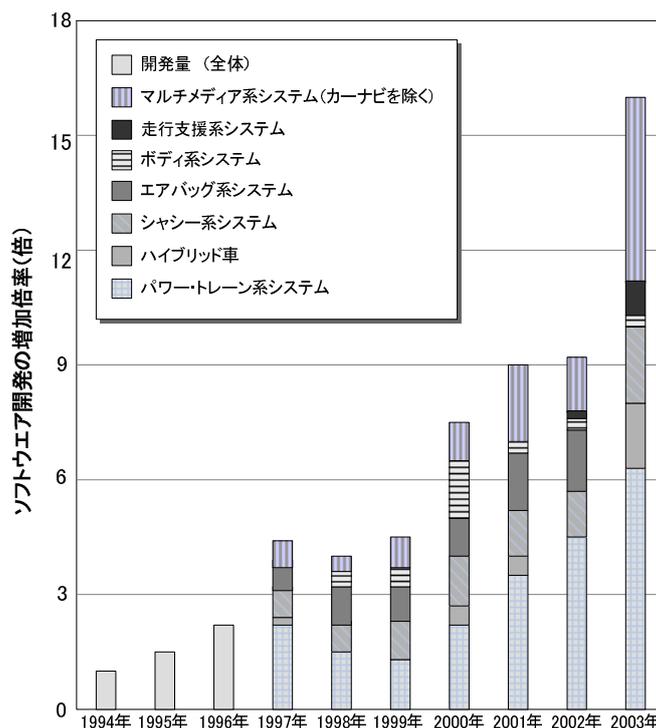
第1の電源の問題には2つの論点がある。1つ目は、現在の12V電源では電圧が足りず、これ以上多くのカーエレクトロニクス部品を物理的に動かすことができなくなるというものである。これに対しては、電源の42V化が検討されている。バッテリーはもともと車両内でも独立性の高い部品であることから、単体の性能向上で解決できる問題である。しかし、実用化のめどは2010年頃ともそれ以降とも言われており、課題解決に向けた取り組みがなされている最中である。2

¹⁸ 宗像[1989],p.287 参照。

つ目は、次世代燃料車用二次電池開発の難航である。二次電池については、従来のニッケル水素電池からLiイオン電池への転換に時間がかかっている。将来、次世代燃料車が広く普及するためには、満充電1回あたりの航続距離を延ばすことが必須となるが、現時点では二次電池の性能がボトルネックになってしまっている。更に、二次電池の電極触媒材料にはプラチナが必要であるが、そういった稀少金属資源の確保もまた問題となっている¹⁹。しかしながら、これら電源にまつわる諸課題は純粋に技術的な面から解決可能なことが多い。

第2のワイヤー・ハーネスの物理的設置スペース不足については、ECUをはじめカーエレクトロニクス部品数が急激に増加していることに起因する。車1台あたりに搭載されるECUの個数は、高級車では70個超、高度な制御を必要とするハイブリッド車では100個程度と言われる。それらをシステムとして物理的・機能的に連結するため、ECUの増加に比例してワイヤー・ハーネスも増加してしまう²⁰。ただでさえ空間的制約の厳しい自動車内部にこれらの部品を設置していくことには自ずと限界がある。

図4. ソフトウェア開発工数の変化(1994年～2003年)



出所) 日経 Automotive Technology・日経エレクトロニクス編[2005],p.282,図9.

¹⁹ この点については、ダイハツ工業が2007年に代替金属を用いた基礎技術を確認する等、徐々に対策され始めている。

²⁰ 一例として、1987年型セダンの総ハーネス長は450mであり、これが1988年型セダンでは1,240mまで増加している。1990年の欧州高級車では総ハーネス長が3,000m、重量は39kgにもなる。日経BP編[2005],『日経 Automotive Technology』,2005 summer,pp.164-168 参照。

最後にソフトウェア開発生産性低下についてであるが、これが現在 ECU を開発・生産するカーエレクトロニクス・サプライヤーにとって最も深刻な課題である。自動車の電子化が年々進むことにより、新しいシステムのための ECU が増加していること、そして既存 ECU であっても制御アルゴリズムの複雑化や ECU 同士を協調制御させる手法の開発等によってコーディングの絶対開発行数が増えたこと²¹、そしてそれらをテストし、検証する工程が増えたこと等が挙げられる。図 4 は、1994 年から 2003 年までの 10 年間でソフトウェア開発工数が 15 倍以上増加したことを示している。特に 2000 年以降における開発工数の伸びが顕著であり、パワー・トレイン系システムおよびマルチメディア系システムの開発負担が大きいことが分かる。マルチメディア系システムはカーナビの開発工数分を含んでおらず、実際はこの図以上にソフトウェア開発工数は増加している。更には、完成車試作の段階でカーエレクトロニクス部品同士のソフトウェア連携という極めて複雑な検証工程が必要であり、ソフトウェア開発の現場は完成車メーカーもカーエレクトロニクス・サプライヤーも慢性的かつ深刻な人手不足に陥っている。また、開発や検証作業でのリソース不足は、単に開発効率の低下や開発リードタイムへの悪影響のみならず深刻なソフトウェア不具合を実際に生んでおり²²、品質保証上大きな問題となっている。自動車には乗員保護という重大な使命があるため、ソフトウェアの不具合が致命的な事故に結びつく可能性は否定できない。

このように、カーエレクトロニクスの技術的課題は、突き詰めればソフトウェア開発規模の爆発的拡大とそれに伴う開発効率性の低下に集約される。ソフトウェアの開発規模増加は ECU の増加であり、それによりワイヤー・ハーネスが増える。また、ECU を含む電子制御システムの採用が増えることで、必要とされる電圧確保がますます困難となる。ここで紹介した 3 つの課題の根源は同じなのである。

しかしながら、カーエレクトロニクス領域の発展に伴う自動車の電子化によって露呈した最大の課題は、自動車産業において司令塔として機能してきた完成車メーカーの技術面での絶対的優位性が揺らぎ始めたことにある。ここまでの議論で明らかのように、今や自動車の付加価値を左右するカーエレクトロニクス部品の大半は、完成車メーカーではなく、サプライヤーによって開発・生産されている。もっとも、完成車メーカーが全く関与しておらず、サプライヤーの技術が完全にブラックボックス化されているという意味ではない。とりわけ日本の完成車メーカーの場合、サプライヤーに多くを任せつつも、その取引形態は承認図方式であるため、基本仕様の提示や共同での開発というプロセスを経ることにより、完成車メーカーにも一定の技術知識の蓄積が見られる。またトヨタのように、積極的に電子制御システムの内製に励む事例もある。

²¹ 標準的な車両 1 台分のソフトウェアは約 400 万行（カーナビ分除く）である。2006 年 9 月に発売されたトヨタ自動車の旗艦車種“LEXUS LS460”では約 700 万行に達し、航空機並みの量の巨大なソフトウェアが実装されている。日経 BP 編[2006], 『日経ビジネス』2006 年 9 月 18 日号,p.9 参照。

²² 例えば 2006 年 10 月、トヨタ自動車はエンジン制御 ECU のプログラム不具合により、2 代目プリウスを 16 万台無償修理（プログラム書き換え）すると発表した。

注視すべきは、このようなプロセスを経験せずにカーエレクトロニクス部品を採用してきた完成車メーカーが少なからず存在するという点である。ある部品調達における Make or Buy のうち、Make の選択肢を放棄した完成車メーカーは、当該技術領域での交渉力を大きく損なうことになる。このような企業は、グローバル規模でも中下位の完成車メーカーや新興国の民族系メーカーに多く見られる。また上位企業であっても、先進的な技術開発を単独で進めることは事実上困難になっている。つまり、多くの完成車メーカーにとって、欧州におけるボッシュ、日本のデンソーのような巨大カーエレクトロニクス・サプライヤーとの共同開発が今や必要不可欠なのである。この点において、完成車メーカーの絶対的な技術面でのイニシアティブは失われつつあると指摘することができよう。

そして今日、次世代燃料車に代表されるエコカー開発は、カーエレクトロニクス部品の存在を抜きにしては語ることはできない。自動車の動力源は完成車メーカーの生命線であった内燃機関ではなく、電気を動力源とする機構に移りつつある。それまでのカーエレクトロニクス部品への取り組みが示すように、この技術領域を完成車メーカーの力だけで開拓していくことはもはや不可能になっている。したがってここでは、必然的に、サプライヤーや関連産業の企業との戦略的提携並びに資本提携を駆使した、企業間コーディネーションの善し悪しが極めて重要になる。次節では、その現状をアプリケーション別（「環境」「安全」「快適」）に見てみよう。

3. エコカー市場における新しい競争領域

(1) 完成車メーカーとサプライヤーの協調と競争

現在のカーエレクトロニクス部品市場は、その応用分野によって主導的役割を担う企業の顔ぶれが異なる。この点については、土屋[2009]が詳しく整理しているので、その内容をもとに見ていくことにする。表3は、カーエレクトロニクスの各領域と戦略的提携の方向性を土屋が一覧化したものである。ここでの ITS(Intelligent Transport System)は、本研究が述べてきた自動車の付加価値のうち、「快適」の項目をより狭義に定義したものとみなすことができる。この表で注目すべきは、完成車メーカー（表中表記は自動車メーカー）が単独で主導する領域は存在せず、いずれにおいても戦略的提携を前提にしている点である。主たる関心は、誰と組み、どのように事業を推進していくかという点にある。

土屋によれば、「安全」領域では、「自動車メーカーと（系列）部品メーカーによるグループ経営の再強化」が、次の「環境」領域では、「自動車メーカーとエレクトロニクス・メーカーの協調と競争」が、そして「ITS」領域では、「総合電機、家電（エレクトロニクス）メーカー主導、自動車系メーカーの協力」が重要であるとされている²³。まず「安全」に関しては、自動車の使命である乗員保護の観点からも、完成車メーカーが主導するべきとされている。ここでは、各完成

²³ 土屋[2009],pp.48-49 参照。

車メーカーが系列の有力サプライヤーとの関係を強め、グループの総力を結集して取り組むことが望ましい。したがって、この領域は従来の自動車産業における完成車メーカーとサプライヤーの典型的な関係性が保持される可能性が高い。次に、「ITS」領域では、一転してエレクトロニクス関連メーカーの主導的役割が強調されている点が興味深い。ITS 領域が、今のところはカーナビと ETC 等の限られた分野にしか展開していないこと、また将来想定される車外インフラとの連携では、エレクトロニクス関連メーカーに一日の長があることから、この領域での完成車メーカーによる主体的な取り組みは留保すべきとのことである。ただし、事業多角化の観点から当該領域を重視する場合は、この限りではないと土屋も指摘している。

表 3. 自動車技術の 3 つの領域と戦略的提携の方向

	安全領域	環境領域	ITS領域
環境上の脅威	・グローバル化 (新興国の成長)	・地球温暖化対応	・安全・快適走行への対応
競争、協調の関係	・自動車メーカーが主導 (系列との提携)	・自動車・他業界の攻め合い (新組織の模索)	・総合電機・家電メーカーの 先行
主導メーカー	・自動車メーカー(主導) ・系列部品メーカー (一体協力)	・自動車メーカーと総合電機・ 家電メーカー、材料メーカー 等の連携	・総合電機・家電メーカー主導 ・自動車系メーカーの協力
戦略課題	・技術開発力の強化 ・グループ経営の活用	・HV、CD等次世代エコカー の開発 ・軽量化の追求	・カーナビ、ETC等 ・無人走行システムの追求
戦略的提携の方向	・業務・資本提携 ・グループ体制の整備	・共同開発・異業種間の合弁、 業務提携	・新事業の開発(総合技術力 の活用)

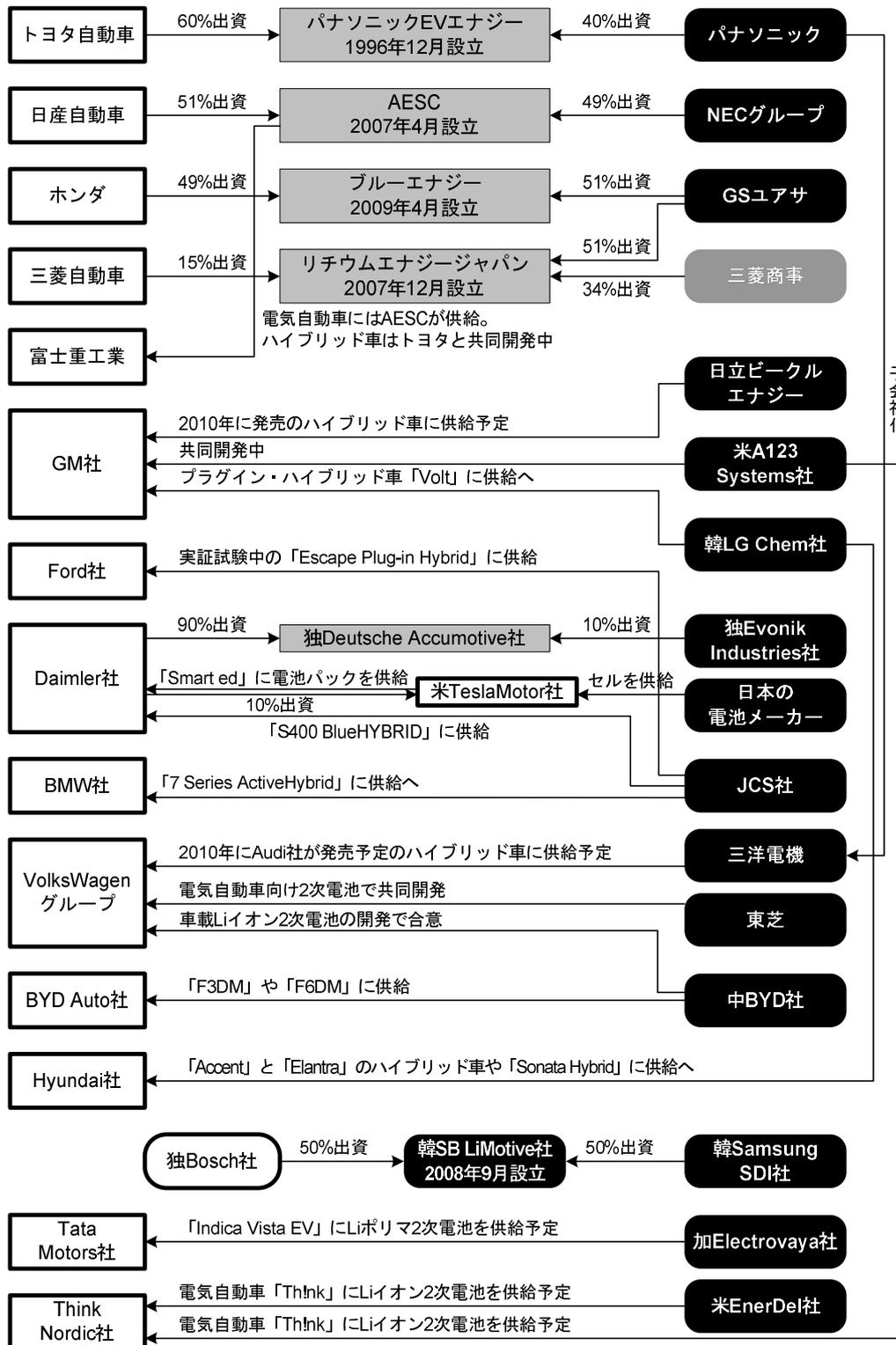
出所) 土屋[2009], p.49, 表 3.

注) HV: ハイブリッドカー, CD: クリーン・ディーゼルカーを意味する。

最後に「環境」領域であるが、完成車メーカーがカーエレクトロニクスで最も注力すべきは、この領域であろう。既存のレシプロ・エンジンにまつわる環境技術は、既にボッシュやデンソーといった巨大サプライヤーが確固たる地位を築いている。他方で、Liイオン電池等を動力源とするエコカーでは、将来的に現在の内燃機関が順次二次電池に置換されていくことを前提とすると市場規模は巨大であり、完成車メーカーは勿論のこと、エレクトロニクス関連メーカーも主導権を得ようと画策している。しかしながら、双方共に単独でこの領域を開拓するには力不足であるため、現在は資本提携、業務提携の形で協力しながら技術開発と市場育成を図っている最中である。完成車メーカーは二次電池の技術力に不足があり、エレクトロニクス関連メーカーは自動車という最終製品の知識が不足している。ゆえに、この状況をして土屋は「協調と競争」と名付けているのである。

世界の主要完成車メーカーと電池メーカーの間では、二次電池の調達・供給に関する提携・取引関係が複雑に交錯している。図 5 は主要なものをまとめたものである(2009年7月時点)。

図5. リチウムイオン二次電池メーカーと世界主要完成車メーカーの提携・取引関係



 自動車関連メーカー
 合弁会社
 電池メーカー
 AESC: オートモーティブ エナジー サプライ JCS社: Johnson Controls-Saft Advanced Power Solutions社

出所) 日経 Automotive Technology ・ 日経エレクトロニクス共同編[2009], p.13.

特徴としては、第1に、日本の完成車メーカーはもっぱら日本のエレクトロニクス関連メーカーと提携し、いずれも合弁会社を設立している点である。第2に、日本のエレクトロニクス関連メーカーの中には、日本の完成車メーカーではなく、欧米の完成車メーカーをパートナーに選択している企業がある。例えば、日立ビークルエナジーがGMと、三洋電機及び東芝がVWグループとそれぞれ提携している。第3に、海外には、完成車メーカー兼電池メーカーという特殊な企業がいくつか存在する。それらは、アメリカのテスラや中国のBYDである。いずれも自動車産業への参入歴は浅いが、次世代燃料車に必須となる基幹部品と最終製品の双方を備えた、これまでの自動車産業には見られなかったユニークな存在である。その参入経緯やビジネス・モデルを見る限り、従来の完成車メーカーと同列に扱うことは難しいが、基幹部品がモジュラー化している点を活用した、身のこなしの軽い（大規模な設備投資を巧みに回避した）新しい種類の完成車メーカーと捉えることができよう。

これらの特徴を見ていくと、日本の完成車メーカーは提携相手を絞り込む傾向にあり、自身の構築してきたサプライヤー・システムにその取引関係を組み込もうとする意図を読み取ることができる。しかしながらその取引関係は多分に閉鎖的でもある。他方で、完成車メーカーのカウンターパートである電池メーカーの場合、日本企業であってもその一部は海外メーカーとの取引に積極的な点が対照的である。これには、日本の完成車メーカーとの取引関係構築に出遅れてしまい、その閉鎖性ゆえに国内市場から閉め出されてしまったという消極的要因も考えられるが、GMやVWといった欧米のトップメーカーを顧客にしている点は見逃すことができない。逆に、日本の完成車メーカーと提携している電池メーカーは顧客と双方独占の状態にあり、取引拡大の機会を逸しているかもしれないのである。その一方で、欧米の主要完成車メーカー（GM, Daimler, VW）は電池の複社調達を徹底しており、かつその供給元の国籍は多様である。このような、日本と欧米の完成車メーカーの提携・取引関係は、従来の自動車部品取引の特徴を概ね踏襲していると見られる。すなわち、日本は資本提携を軸とした垂直統合志向であり、他方の欧米は一部を除いて市場取引が中心なのである。

(2) ポスト内燃機関時代の競争のあり方

ここまで、今日に至るエコカーをめぐる世界の自動車産業の趨勢を整理し、今後の競争において何が重視されるのか、そして我々はどうのような視点から将来の自動車産業における分析を進めていくべきかという問題意識のもと、議論を進めてきた。以下、ここまでの議論から明らかになった課題を抽出し、レシプロ・エンジンの次を担うエコカー時代、つまり「ポスト内燃機関時代」における競争のあり方と、そこで我々が取り組むべき研究課題を提示しよう。

繰り返しになるが、1997年のトヨタ・プリウスの上市以降、二次電池を動力源とするエコカーは日進月歩で進化し、2008年以降の世界規模でのリセッションを経て、ハイブリッド車や電気自

自動車は、まだ二次電池の容量や価格の面で多くの課題を残してはいるものの、我々の眼前に現実味のある選択肢として提示されるようになった。新興国の経済成長により、今後も化石燃料の需要が逼迫することは必然であることに加えて、先進国を中心に、ユーザー側に高い環境意識が醸成されつつあることにより、もはや世界の完成車メーカーはレシプロ・エンジンだけを作り続けることは許されなくなっている。これまでの自動車産業の競争は、市場のニーズを取り入れ、いかに短期間で製品化するかという次元で繰り広げられていた。その特徴は、既存技術を所与とするアプリケーション主導という点にあった。もっとも、このような競争の中には、TPS(Toyota Production System)に代表される高度な生産システムの革新も含まれてはいたが、それらは、現在進行中のエコカー競争における新領域の製品技術とは異なり、あくまで漸進的技術革新の範疇に含まれるものであった。しかしながら、エコカー市場の本格成長は、競争の土台を再びテクノロジー主導へと押し戻した。つまり、これからの自動車産業は、カーエレクトロニクスによる新しい支配的デザイン(dominant design)の確立競争として捉えていかねばならないということである。

またその場合、もはや基幹部品にまつわる技術の先導者は、完成車メーカーただひとりではないということに留意すべきである。前項で紹介したように、内燃機関の代替装置である二次電池の開発には、完成車メーカーだけでなく、エレクトロニクス関連メーカーとの戦略的提携が必要不可欠となる。そしてまた、二次電池の制御にあたっては、系列サプライヤー等の技術力も活用しなければならない。このような趨勢のもと、自動車産業における競争次元の要諦は、戦略的提携や純粋な市場取引型ネットワークの有効活用といった、企業間コーディネーション能力の巧拙に帰せられる。とりわけ日本の完成車メーカーの場合、企業間コーディネーションという意味では、これまでも資本関係を含む系列取引やサプライヤー・システムという優れたシステム管理の経験を持つが、新しい基幹部品を取り巻く環境はより複雑であり、必ずしも系列取引のノウハウが役立つとは限らない。むしろ、これまで優位性のあったサプライヤー・システムが中途半端に機能し続けることで、垂直統合型の閉鎖的取引関係に拘泥するあまり、新しい取引関係のあり方を議論し、実際に導入する機会を逸するという危険性すら孕んでいる。

二次電池をめぐる提携・取引関係を見る限り、日本の完成車メーカーは今でも垂直統合志向が強いと考えられるが、他方で米テスラや中 BYD のような新しいビジネス・モデルを擁した完成車メーカーが続々と市場に参入し認知されつつあることを考慮すると、基幹部品の技術特性により適合した競争のあり方を今一度検討すべきではないかと危惧される。我々は、今後これらの課題を分析枠組みに反映し、ポスト内燃機関時代の競争を評価していかなければならない。

おわりにかえて

本研究では、1990年代以降における自動車産業の動向、自動車の電子化とその課題、そしてエコカー市場における新しい競争領域をそれぞれ整理することで、ポスト内燃機関時代の同産業に

おける競争のあり方を模索し、研究すべき課題を析出した。取り組むべき課題の第1は、自動車産業の競争次元がテクノロジー主導型に戻ったことを踏まえた産業研究である。より具体的に見るために論点を産業内の取引関係に特化してみると、「安全」「環境」「快適」というアプリケーションごとに競争のあり方が異なることが明らかになった。とりわけ「環境」領域では、完成車メーカーの技術面での生命線となる動力源をめぐる取引が今後白熱してくると予想される。ここでは、完成車メーカーが、いかにして二次電池メーカーをはじめとするエレクトロニクス関連メーカーと協調しながらも、産業内での主導権を喪失することなく次世代の支配的デザインを確立するかということが重要となる。要諦は、企業間コーディネーション能力の開発と実践であり、このプロセス及び実態を解明し、かつその結果を分析していくことが、残された課題の第2である。

<参考文献>

- Abernathy, W.J.[1978].*Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Baldwin, C.Y., and Clark, K.B.[2000].*Design Rules : The Power of Modularity*, Cambridge, MA : MIT Press. (安藤晴彦訳 [2004], 『デザイン・ルール』 東洋経済新報社)
- Clark, K. B. and Fujimoto, T. [1991], *Product Development Performance : Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*; Harvard Business School Press , Boston, MA. (田村明比古訳[1993], 『製品開発力』ダイヤモンド)
- 久保鉄男[2009], 『ビッグスリー崩壊』フォーイン
- Morgan, J.M., and Liker, J.K.[2006], *The Toyota Product Development System*, Productivity Press, New York N.Y. (稲垣公夫訳[2007], 『トヨタ製品開発システム』日経BP)
- 宗像正幸[1989], 『技術の理論 -現代工業経営問題への技術論的接近-』同文館
- 日経 Automotive Technology・日経エレクトロニクス共同編[2009], 『ハイブリッド車／電気自動車総覧 2009』日経BP
- 佐伯靖雄[2010], 「複合要素技術型製品の開発と企業間関係 -カーエレクトロニクス・サプライヤーの技術と取引-」立命館大学大学院経営学研究科博士論文
- 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会[2006], 『次世代自動車用電池の将来に向けた提言』経済産業省
- 徳田昭雄・佐伯靖雄[2007], 「自動車のエレクトロニクス化(2) -車載電子制御システム市場の分析-」『立命館経営学』第46巻第3号, pp.55-90.
- 土屋勉男[2009], 「次世代自動車を巡る企業間関係の動向と展望」『産業学会研究年報』第24号, pp.41-52.
- 通商産業省産業政策局企業行動課編[1985], 『生産性向上技術の新事情』通商産業省
- 次世代自動車普及戦略検討会[2009], 『次世代自動車普及戦略』環境省