

調 査

第 95 号
(2008 年 4 月)

内 容

自動車と電機・電子産業の新たな企業間関係の構築に向けて
—電機・電子産業からみた自動車のエレクトロニクス化の商機と課題—

自動車のエレクトロニクス化の進展に伴い、電子部品や材料分野などに調達先の裾野が広がってきている。本稿では、自動車のエレクトロニクス化が、従来の自動車部品の取引環境や企業間関係にもたらす変化を、①メカ駆動から電子制御への置き換え、②自動車の電動化、③車載LANによる統合制御の進展と次世代通信規格の策定、④車載ソフトウェア開発の効率化、⑤車載情報端末を中核とするマルチメディア・AV機能の高度化という5つの視点から分析し、電機・電子産業からみた新たな商機と対応すべき課題を考察したうえで、自動車と電機・電子産業が業種横断的なパートナーシップを深化させるための方策を提言する。

自動車と電機・電子産業の新たな企業間関係の構築に向けて

- 電機・電子産業からみた自動車のエレクトロニクス化の商機と課題 -

要 旨

1. 自動車のエレクトロニクス化は、パワートレインやステアリング、ABS (Anti lock Braking System) などの「制御系」、空調やメータ、エアバッグなどの「ボディ系」、カーナビや車内LAN (Local Area Network) などの「情報通信・エンターテインメント系」の3つの領域を中心に進展している。日本の自動車部品出荷額のうち、エレクトロニクス関連は約6.7兆円と全体の約35%を占めるものと試算され、他の部品と比べて高い成長率を示している。環境問題への対応に加えて、自動車の安全対策や快適性の向上といった要請に対応するうえでも、エレクトロニクス技術は大きな役割を果たしており、今後、プリクラッシュ・セーフティやITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 関連の統合制御などが本格的に普及するにつれて、自動車のエレクトロニクス化は一段と進展するものと見込まれる。
2. 自動車のエレクトロニクス化の進展に伴い、電子部品や材料分野などに調達先の裾野が広がってきている。電池の高性能化や車載ソフトウェアの効率的な開発など、自動車メーカーだけでは解決しきれない技術的な課題が増えており、電機・電子メーカーとの協業がさらに活発化するものとみられる。電機・電子産業が自動車分野に投入する研究開発費は増加傾向にあり、研究開発費総額に占める割合も99年の4.1%から06年には7.3%まで上昇しており、車載分野への注力ぶりがうかがわれる。一方、車載分野は民生用と比べて品質や信頼性、供給責任などにおいて厳しい条件を満たすことが要求され、電機・電子産業にとって容易には参入できない分野ともいわれる。産業をまたぐ業際分野ゆえに異なる商慣行をいかに乗り越え、知恵を持ち寄りながら互恵的な企業間関係を構築していくべきか、改めて検討すべき時期にさしかかっていると考えられる。
3. 車載エレクトロニクスの制御の中核を担うのが半導体である。世界の半導体市場に占める車載用の割合は7.1%、金額では186億ドル(06年)に達し、06~11年までの5年間の平均成長率は7.8%と、市場全体(同4.8%)を上回る高い伸び率が見込まれている。一部の電装品メーカーはみずから車載用半導体を生産するが、自社で手がけていない分野や、1社だけでは開発が難しい領域については、半導体メーカーに取り組んで欲しいという期待があるとみられる。電機・電子メーカーとしては、自社が提供できる競争力のある製品が、自動車の動力関連(電池など)、快適・安全関連(センサ、カメラなど)、情報関連(カーナビ、ITSなど)のうち、どの分野に属するかを見極めることが重要である。その上で、補完的な部品を供給するという役割にとどまらず、新しいコンセプトをコスト競争力と

セットで提案できる力量を兼ね備えられれば、自動車メーカーや電装品メーカーのパートナーとしての立場から、連携を深めることが可能となろう。その際には、半導体や電子部品の幅広いラインナップを持つ強みを生かして、民生用で培ったノウハウや設計資産を自動車向けに有効活用することが求められる。

4．エレクトロニクス化の進展に伴う、自動車部品の取引をめぐる企業間関係への変化と電機・電子産業にとっての商機は、メカ駆動から電子制御への置き換え、自動車の電動化、車載LANによる統合制御の進展と次世代通信規格の策定、車載ソフトウェア開発の効率化、車載情報端末を中核とするマルチメディア・AV機能の高度化、という5つの視点から考察することができる。なかでも、自動車の電動化の中核を担うリチウムイオン電池をめぐる自動車メーカーと電機・電子部品メーカーの企業間関係は、共同開発を基軸としながら、資本関係にまで踏み込む事例もみられる。電機・電子産業からみれば、次世代自動車の開発に必要な先行投資のリスクを軽減するためには、安定的な供給先の確保が欠かせず、特定の自動車メーカーと組んで商品を開発し、他の顧客にも横展開するのが理想であろう。しかし、合弁契約の場合には横展開にあたって制約を受ける可能性があり、提携先としても、差別化のために開発した商品を早い時期に他社に販売されては困るという意向もありうる。このように、リチウムイオン電池の開発をめぐる企業間の関係に相違がみられる背景には、想定される出荷数量や技術面でのシナジーなどを踏まえたパートナーシップ構築の得失判断が影響しているものと考えられる。

5．カーエレクトロニクスの統合・協調制御の進展に伴い、ECU (Electronic Control Unit) に組み込まれるソフトウェアの開発負担が急増している。燃費や安全性能といった自動車の付加価値を高める技術は、車載ソフトウェアの品質に大きく左右されるようになっており、その効率的な開発体制を実現するため、新たな企業間関係のあり方が模索されている。現在、自動車業界では、基盤となるプラットフォーム (PF) 領域を標準化し、アプリケーション (AP) 領域で機能の差別化を図るという方向性が検討されている。APごとに個別開発されてきたECUの標準化が進展し、いくつかの主要なECUに統合されるという方向性は、モジュール化の新たな展開と捉えることもできよう。今後、自動車部品メーカーは、PFまで含めたシステム全体のインテグレーションができる開発力を持つグループ、既定のPFと仕様書に基づきAPとメカを開発を行うグループ、ECUの開発には直接関与せずメカの開発に専念するグループに三極化する可能性がある。なかでも経営環境の厳しさが増す懸念があるのは、メカ主体のサプライヤーである。メカの制御ノウハウでの強みを生かし、みずから積極的に電機・電子メーカーとパートナーシップを構築し、システムインテグレートとコストコントロールにおける主導権を取り戻す必要がある。

6．電機・電子産業では、機器の制御ノウハウの外販が進んでおり、世界中から安い部品を集めてくれば、少なくともコモディティレベルの商品は作れる状況になりつつある。そして、セット製品のレベルだけでなく、制御ノウハウが組み込まれる半導体のレベルでも分業型のビジネスモデルが優勢になりつつある。一方、自動車は、数万点に及ぶ部品を自動車メーカー独自のノウハウで統合することにより機能が実現されており、制御ノウハウに基づきシステム全体の設計を行う川上の源流部分は、今後も自動車メーカーが中核的な役割を担うものとみられる。自動車に搭載される半導体も、桁違いに厳しい品質と信頼性が要求されるため、ファブレスやファウンドリーが本格参入するには困難を伴うものとみられる。こうした企業間関係に変化をもたらさうとすれば、一つは電機・電子メーカーによる Tier 1 クラスの自動車部品メーカーの買収が考えられる。もう一つは、自動車の技術革新により、これまで自動車メーカーが蓄積してきたノウハウとは大きく異なるデジタル制御化が進展することであり、次世代自動車として注目を集める電気自動車は、その可能性を秘めているように見受けられる。

7．中国に加えて、インドや中近東、アフリカなどの新興国が、今後の自動車販売の主戦場になるものと見込まれ、国内外のメーカーによる低価格車の開発競争が激化している。低価格車といえども相応の環境・安全性能を満たすことが求められており、品質やブランドイメージを維持しながら 30～50 万円前後の自動車を開発することは容易ではない。低価格車は部品や材料に割けるコストが限られるため、搭載されるカーエレクトロニクスは法規制をクリアするために最低限必要なものに絞り込まれるとみられる。電装品メーカーとしては、利幅が薄いため量で稼ぐことが重要になり、供給先の多様化で出荷数量を拡大するとともに、材料の変更や使用量の削減、加工法の改良などにより大幅なコスト削減を図ることが必要とされる。ABS やエアバッグといった安全装備や、エアコン、オーディオ、カーナビなどのオプション機器は、現在は価格が高いため、新興国での装着率は低いが、安全や快適性に対する潜在的なニーズは確実に存在する。電装品メーカーとしては、従来とは比較にならないほど安く生産することが求められるが、この難題をいち早くクリアできたメーカーだけが巨大な市場を手に入れられることになるため、日系メーカーの積極果敢なチャレンジが期待される。

[担当：清水 誠 (e-mail : report@dbj.go.jp)]

【目 次】

要旨

はじめに	7
第1章 カーエレクトロニクス的重要性の高まりとその背景	8
第2章 異質な企業文化がせめぎ合うカーエレクトロニクス市場	
1. 市場規模の大きさと安定的な成長が魅力	10
2. 民生用と比べて厳しい条件を満たすことが要求される車載分野	12
3. 2兆円の車載用半導体市場をめぐる自動車と半導体メーカーの競争と協業の関係	14
第3章 カーエレクトロニクスがもたらす企業間関係の変化と電機・電子産業の商機	
1. メカ駆動から電子制御への置き換え	19
2. 自動車の電動化 - 動力源のエレクトロニクス化の中核を担う電池 -	21
3. 車載LANによる統合制御の進展と次世代通信規格の策定	25
4. 車載ソフトウェア開発の効率化 - サプライヤーの三極化 -	26
5. 車載情報端末を中核とするマルチメディア・AV機能の高度化	29
第4章 電機・電子産業で台頭する分業型ビジネスモデルと自動車産業	31
第5章 需要拡大が見込まれる低価格車分野におけるカーエレクトロニクスの方向性	34
おわりに	38

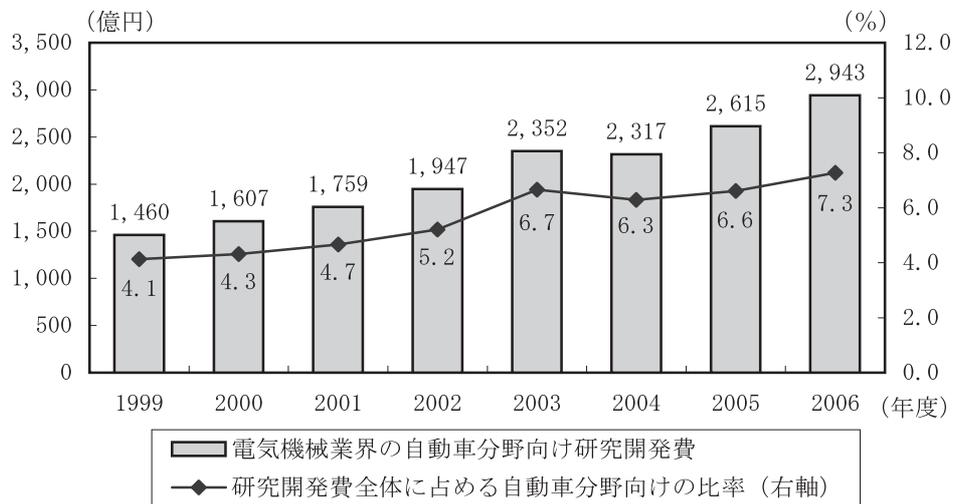
はじめに

自動車のエレクトロニクス化の進展に伴い、電子部品や材料分野などに調達先の裾野が広がってきている。電池の高性能化や車載ソフトウェアの効率的な開発など、自動車メーカーだけでは解決しきれない技術的な課題が増えており、電機・電子メーカーとの協業がさらに活発化するものとみられる。電機・電子産業が自動車分野に投入する研究開発費は増加傾向にあり、研究開発費総額に占める割合も99年の4.1%から06年には7.3%まで上昇した。同期間における電機・電子産業の研究開発費総額の年平均伸び率が1.9%であるのに対し、うち自動車分野向けは同10.5%と際立って高い伸びを示しており、車載分野への注力ぶりが数字からもうかがわれる(図表1)。

一方で、車載分野には様々な障壁が存在し、電機・電子産業にとって容易には参入できない分野ともいわれる。産業をまたぐ業際分野ゆえに異なる商慣行をいかに乗り越え、知恵を持ち寄りながら互恵的な企業間関係を構築していくべきか、改めて検討すべき時期にさしかかっていると考えられる。

そこで、本稿では、自動車のエレクトロニクス化が、従来の自動車部品の取引環境や企業間関係にもたらす変化を分析し、電機・電子産業からみた新たな商機と対応すべき課題を考察したうえで、自動車と電機・電子産業が業種横断的なパートナーシップを深化させるための方策を探ることとしたい¹。

図表1 電機・電子産業の自動車分野向け研究開発費の動向



(出所) 総務省「科学技術研究調査報告」

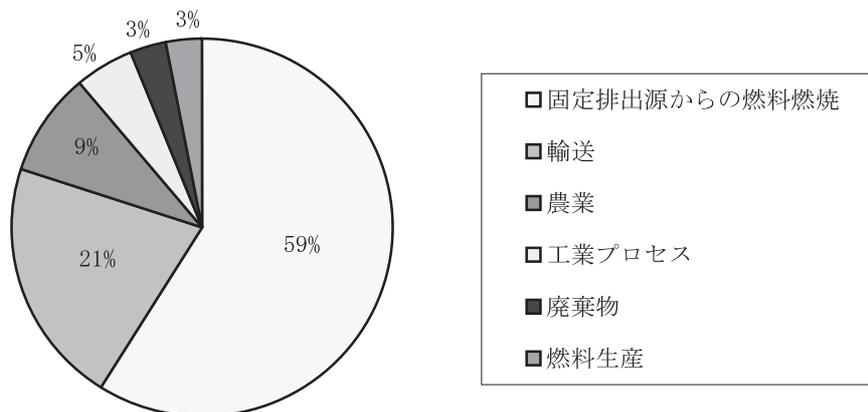
¹ 本稿は、(財)機械振興協会経済研究所 平成18年度調査研究補助事業「自動車産業のエレクトロニクス化の現状とその方向性」第2章、および、平成19年度調査研究補助事業「自動車関連部品の取引環境および企業間関係の変化とその課題に関する調査研究」第3章の内容に加筆修正したものである。

第1章 カーエレクトロニクスの重要性の高まりとその背景

ロンドン市は08年2月、CO₂排出量が多い自動車の都心部への乗り入れに対し、1日あたり25ポンド(約5,000円)のCO₂税を課す方針を発表した。Range Roverなどの四輪駆動車やポルシェ911のようなスポーツカーなどが課税対象となり、都心部への通勤に月20日利用すれば、10万円以上もの負担増になる。一方、エコカーは課税対象外となるため、トヨタのプリウスやホンダのシビックハイブリッドなどを利用する人にとっては、新たな負担増はないという²。ロンドン市は25年までに温室効果ガスを90年比で60%削減する目標を掲げており、都心部への自動車の乗り入れを抑制するとともに、CO₂排出量の少ないエコカーの利用を促進する方針である。

地球温暖化の一因とされる温室効果ガスのうち、輸送部門からの排出量は、自動車台数の増加と輸送距離の伸びにつれて増え続けている。OECD諸国の温室効果ガス排出に占める輸送部門の割合(図表2)は、95年の約20%から20年には30%へ高まると予測されている³。今後、中国やインド、中南米などの非OECD諸国においても自動車の普及が爆発的に進むものと見込まれ、地球温暖化問題に対処できなければ、自動車産業は生き残れないとの危機感が強まっている。このため、CO₂排出量の抑制に向けた実用レベルの技術開発が自動車メーカーの最優先課題となっており、日産自動車は06年に発表した「ニッサン・グリーンプログラム2010」の中で、今後10年間でCO₂排出量の40%削減を目指した技術開発に取り組む方針を明らかにしている⁴。

図表2 OECD諸国の温室効果ガス排出の部門別構成(98年)



(出所) OECD環境局「OECD世界環境白書 - 2020年の展望」(原典: UNFCCC)

² ロンドン市がCO₂税の課税対象になる自動車として例示したのは、Porsche 911, most BMW 7 series, Range Rover, Land Rover Discovery, Toyota Land Cruiser, Volkswagen Touareg and the Mercedes M Class。一方、非課税となる車種としては、Seat Ibiza Ecomotion, Volkswagen Polo BlueMotion, Toyota Prius, Toyota Aygo, Peugeot 107, Citroen C1 and the Honda Civic Hybrid を挙げている。詳細は以下のHPを参照
<http://www.london.gov.uk/mayor/congest/docs/decision-statement02-2008.pdf>

³ OECD環境局「OECD世界環境白書 - 2020年の展望」参照

⁴ <http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2006/STORY/061211-01-j.html>

Well to Wheel で見たガソリンエンジン車のエネルギー効率は 14%となっており、ガソリン採掘時のエネルギーの 7 分の 1 程度しか利用できていない(図表 3)。これは、エンジン燃焼時に熱として放出されてしまう部分と、冷却時にラジエータから放熱されて失われる部分が大きいためである。当面は内燃機関(エンジン) が自動車の動力源の中心であり続けると見込まれるため、エンジンの燃費改善技術の開発が急務である。

図表 3 自動車のエネルギー効率

	燃料効率 Well to Tank (%)	車両効率 Tank to Wheel (%)	総合効率 Well to Wheel (%)
ガソリン車	88	16	14
ガソリンハイブリッド車(プリウス)	88	37	32

燃料効率 (%) × 車両効率 (%) = 総合効率 (%)

(注) 燃料効率 : Well to Tank : 燃料を採掘・製造して給油するまでの効率
 車両効率 : Tank to Wheel : タンク内の燃料を消費して、クルマが車輪で走行する効率
 (出所) トヨタ自動車資料により作成

一方、エンジンとモータの併用により環境負荷の低減を図るのが、ハイブリッド電気自動車(H E V : Hybrid Electric Vehicle) である。減速時のエネルギー回生や高効率域主体のエンジン運転により、エネルギー効率が大幅に改善されることから関心を集めており、家庭用電源での充電が可能なプラグイン・ハイブリッドの実用化も間近に迫っている。さらに中長期的には、モータのみで走行する電気自動車や燃料電池車が、次世代エコカーとして注目されている。燃料電池車は水素と酸素の化学反応によって発電した電気エネルギーを使ってモータを回して走るため、走行時に発生するのは水蒸気のみで、CO₂ は排出されない。

環境問題への対応に加えて、自動車の安全対策やエンターテインメントによる快適性の向上といった要請に対応するうえでも、エレクトロニクス技術は大きな役割を果たす。自動車事故を未然に防ぐためのプリクラッシュ・セーフティ関連の装備が幅広い車種に搭載され、I T S (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) による道路交通インフラと自動車の協調制御が実用化の域に到達すれば、自動車のエレクトロニクス化は一段と進展するものと見込まれる。

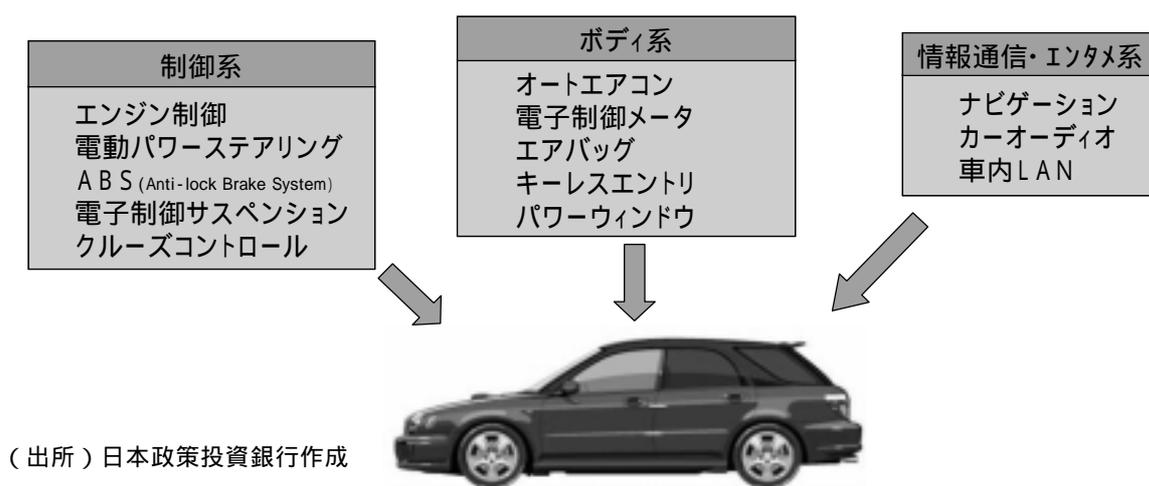
第2章 異質な企業文化がせめぎ合うカーエレクトロニクス市場

1. 市場規模の大きさと安定的な成長が魅力

自動車のエレクトロニクス化は、パワートレインやステアリング、ABS (Antilock Braking System) などの「制御系」、空調やメータ、エアバッグなどの「ボディ系」、カーナビや車内LAN (Local Area Network) などの「情報通信・エンターテインメント系」の3つの領域を中心に進展している(図表4)。このうち、エンジンの制御やパワートレインに関連する領域は、燃費や排ガスに関する目標値が法規制で定められており、そのスケジュールに沿って開発を進める必要がある。また、ブレーキ、ステアリングやサスペンションなどの車両制御は、「走る」「止まる」「曲がる」といった自動車の基本性能を左右するため、新技術の採用にあたっては十分な検証が必要とされる。一方、カーナビやオーディオなどは民生分野の開発が先行しており、基本的には民生用の技術を車載向けに転用することで対応がなされている。

図表5に示すように、06年度の自動車部品出荷額は前年比8.4%増の19兆円に達し、うち電装品・電子部品(エンジン制御装置、発電機、センサーなど)は同20.6%増、照明・計器など電気・電子部品(ヘッドランプ、スイッチ、ワイヤハーネス、モータなど)は同14.1%増と高い成長率を記録した⁵。これにカーステレオ、冷暖房装置、情報関連部品(カーナビ、ETCなど)を加えたエレクトロニクス関連部品は計約6.7兆円となり、出荷額全体の約35%を占めるものと試算される。日系電子部品メーカーのグローバル出荷額(06年度)が4.7兆円⁶であることからみても、電機・電子産業にとって、これほど規模が大きく、将来的にも安定成長が見込まれる市場は他に多くは見当たらず、非常に魅力的といえよう。

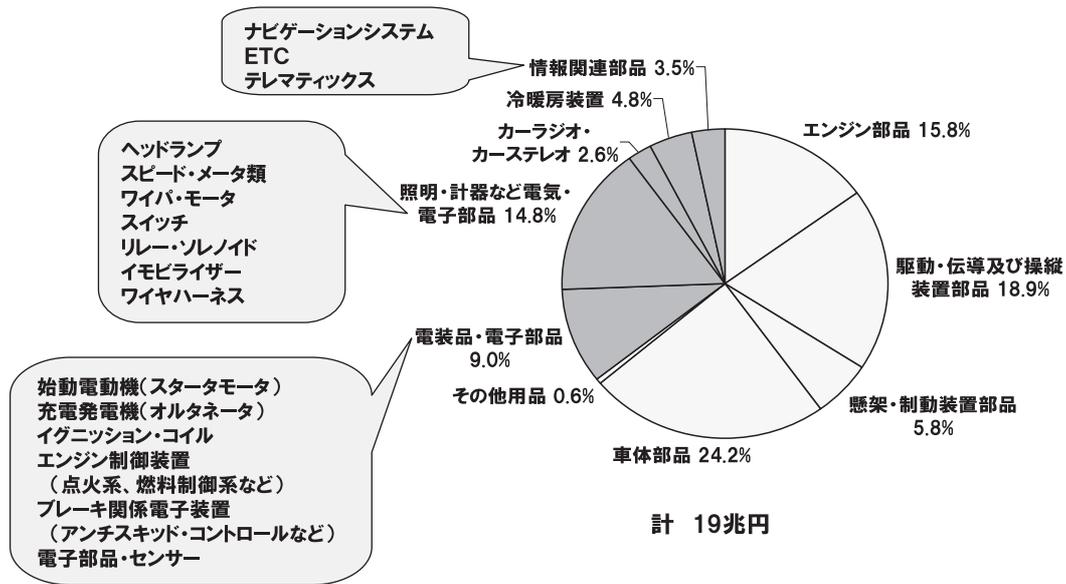
図表4 自動車のエレクトロニクス化の進展



⁵ 日本自動車部品工業会「自動車部品出荷動向調査結果」(加盟391社を対象とする調査)参照

⁶ 電子情報技術産業協会「電子部品グローバル出荷統計」(参加100社を対象とする調査)参照

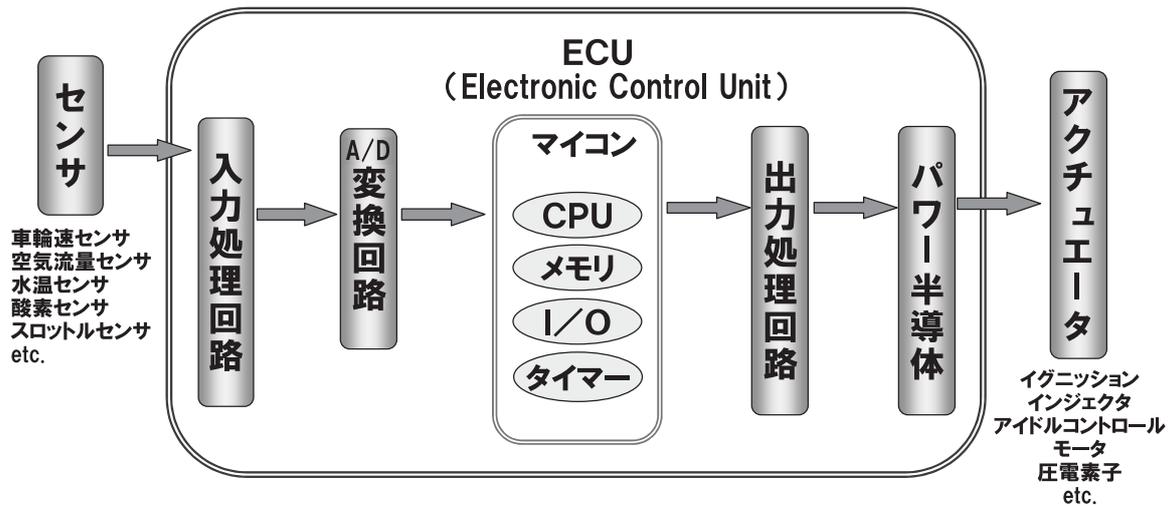
図表5 自動車部品の品目別出荷額



(出所)(社)日本自動車部品工業会「自動車部品出荷動向調査結果 平成18年度」

自動車向け電子制御ユニットは、運転環境やエンジン状態を把握するためのセンサ、センサからの信号を処理するECU (Electronic Control Unit)、実際の制御を行うアクチュエータなどから構成される(図表6)。例えばエンジンに搭載されるECUは、燃料と空気の混合比率を最適化し、効率的なタイミングで点火、燃焼が行われるようコントロールする役割を果たす。センサからの信号はデジタル信号に変換後、マイコンに入力される。マイコンはその情報をもとに判断・演算を行い、最適な燃焼状態にするためパワー半導体に指示を出し、パワー半導体がアクチュエータを駆動する。近年の高級車には、マイコンがおよそ70個、センサが100個近く搭載され、自動車1台当たりのコストの2~3割をエレクトロニクス関連が占めるといわれる。アクチュエータ側でもモータなどの使用点数が大幅に増加している。パワーステアリングは、従来、エンジンの回転で油圧を発生させて操舵をアシストする方法が採られてきたが、これを電動パワステに変更することで、常時油圧を発生させる無駄が省かれ、燃費改善が図られる。パーキングブレーキも、現在は足踏み式でワイヤを引っ張り、後輪を固定する方式が主流であるが、一部の高級車はスイッチによる電動式を採用し始めている。シフトレバーをP(パーキング)に入れると自動的に作動させることも可能で、安全性の向上にもつながる。このように、クルマの電動化・エレクトロニクス化は、環境や安全に関する各種の規制をクリアするために不可欠であるばかりでなく、クルマの付加価値を高めるうえでも重要な役割を果たしている。

図表6 自動車向け電子制御ユニットの構成



(出所) 東芝「図解 半導体ガイド」をもとに作成

2. 民生用と比べて厳しい条件を満たすことが要求される車載分野

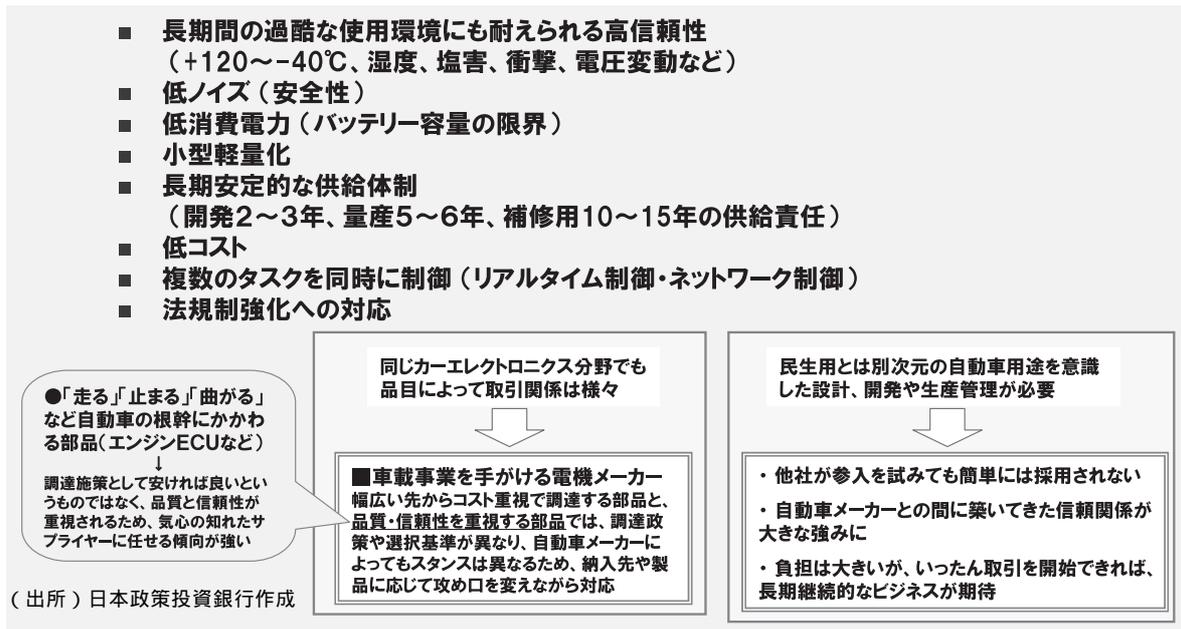
自動車用の電子部品は、民生用と比べてきわめて高い信頼性が要求される(図表7)。自動車は温度環境の変化が激しく、エンジンルーム内は100℃を超える一方、氷点下数十℃まで冷え込む寒冷地での走行にも耐える性能が求められる。例えば、エンジン回りでグリースが塗られている箇所では、高温になると硫化ガスが発生し、回路が断線してしまう可能性があるため、耐硫化特性に優れた材料を用いた電子部品が開発されている。温度以外にも、湿度や塩害、衝撃、電圧変動といった長期間の過酷な使用環境に耐えられる高度な信頼性が求められる、民生用とは異なるスペックが要求されることも少なくない。

また、自動車はノイズの発生源であるエンジンやモータを搭載しており、走行中には外部から電磁波や無線などの影響を受ける可能性がある。このため、ECUや車載LANなどには、ノイズによる誤作動を防ぐための対策が要求される。電装品の増加に伴うバッテリーへの負担を抑えるための低消費電力化や、燃費改善や設置スペース確保のための小型・軽量化への要請も強まっており、普及価格帯に近づけるための低コスト化と併せて実現することが求められる。

薄型テレビや携帯電話などの民生用部品は製品寿命が1年前後と短い、車載用部品は厳しい品質基準をクリアして採用がいったん決まれば、長期的な取引関係が築けるというメリットがある。一般に、自動車部品は2～3年程度かけて開発され、5～6年の量産期間が終わった後も、補修用としてさらに10～15年の供給責任を負う。このため、自動車部品は、長期安定的な供給体制を保證できることが、採用に際しての重要な条件とされる。

なかでも特に重要な部品については、コンセプト・イン、すなわち、自動車の初期開発段階からサプライヤーをまじえた開発が行われる。このため、電機・電子メーカーにおいても、自動車メーカーや電装品メーカーと協力しながら数年かけて開発が進められることが多い。マイコンといっても家電製品向けの汎用品とは異なり、納入先の求めるスペックに合わせた製品を作る必要があるため、民生用とはビジネスモデルが大きく異なる。

図表7 車載用電子制御システムに求められる厳しい条件



ただし、同じカーエレクトロニクスでも、品目によって取引関係は様々である。エンジンのECUのように、自動車の「走る」「止まる」「曲がる」という根幹にかかわる部品は、調達施策として安ければ良いというものではなく、品質と信頼性が重視されるため、気心の知れたサプライヤーに任せる傾向が強いといわれる。車載事業を手がける電機メーカーによれば、幅広い先からコスト重視で調達する部品と、品質や信頼性を重視する部品では、調達政策や選択基準が異なっており、自動車メーカーによってもスタンスは様々であるため、納入先や製品に応じて攻め口を変えながら対応する必要があるという。

自動車業界ではサプライヤーの選定にあたって実績が重視され、品質はもちろんのこと、安定的な供給体制やコスト削減への対応力などが厳しく問われる。このため、民生用とは別次元の自動車用途を意識した設計、開発や生産管理が必要とされ、これが車載分野への新規参入が困難な要因の一つとなっている。一方、すでに納入実績のあるサプライヤーからみると、他社が参入を試みても簡単には採用されないということであり、自動車メーカーとの間に築いてきた信頼関係が大きな強みになる。当初の負担は大きいですが、いったん取引を開始できれば、長期継続的なビジネスを期待できる点が、民生用との相違点といえるだろう。

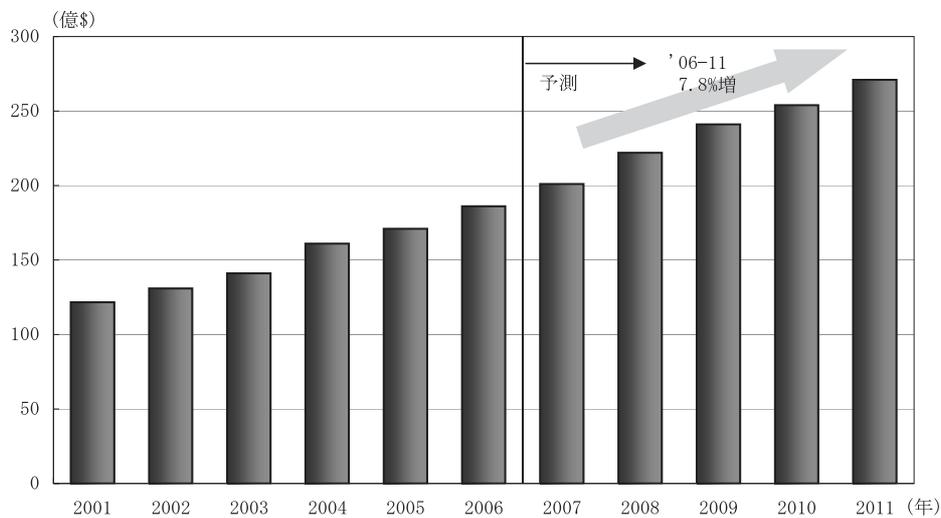
3. 2兆円の車載用半導体市場をめぐる自動車と半導体メーカーの競争と協業の関係

車載エレクトロニクスの制御の中核を担うのが半導体である。かつてコンピュータ向けが大半を占めた半導体の用途は、通信用やデジタル家電用などにも多様化し、今後は車載向けの伸長が期待されている。

世界の半導体市場に占める車載用の割合は7.1%、金額では186億ドル(06年)である。同年の四輪車世界生産台数が6,921万台であることから、単純に除すると1台あたり平均269ドルの半導体が搭載されている計算になる。車載用半導体市場の06~11年までの5年間の平均成長率は7.8%と、半導体市場全体(同4.8%)を上回る高い伸び率が見込まれている(図表8)。

車載用半導体の市場が拡大を続ける背景としては、自動車生産台数の増加に加え、自動車1台当たりの半導体搭載数が増加傾向にあることが挙げられる。ガソリン車(ミディアムクラス)1台当たりの半導体搭載金額は、04年の約250ドルから06年に350ドル強、10年には450ドル弱まで増加するものと見込まれる。特に、電源の制御が重要な役割を果たすハイブリッド車では、ハイエンドクラスで1台あたり1,400ドル強(05年)もの半導体を搭載しているとされる⁷。半導体はエンジン制御ユニット、エアバッグ、カーナビ、ABSなどで多く搭載され、これらの機器ではコストに占める半導体の割合も大きい。

図表8 2兆円を越す規模に拡大する世界の車載用半導体市場

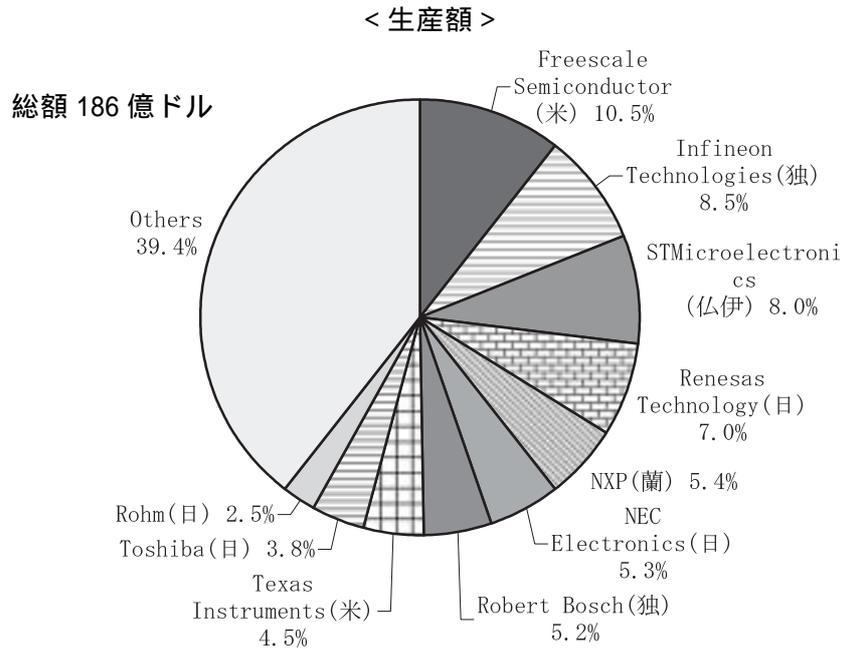


(出所) Gartner "Dataquest Alert :Semiconductor Market Forecast (4Q07 Update)"
Richard Gordon, 7 December 2007, GJ08018

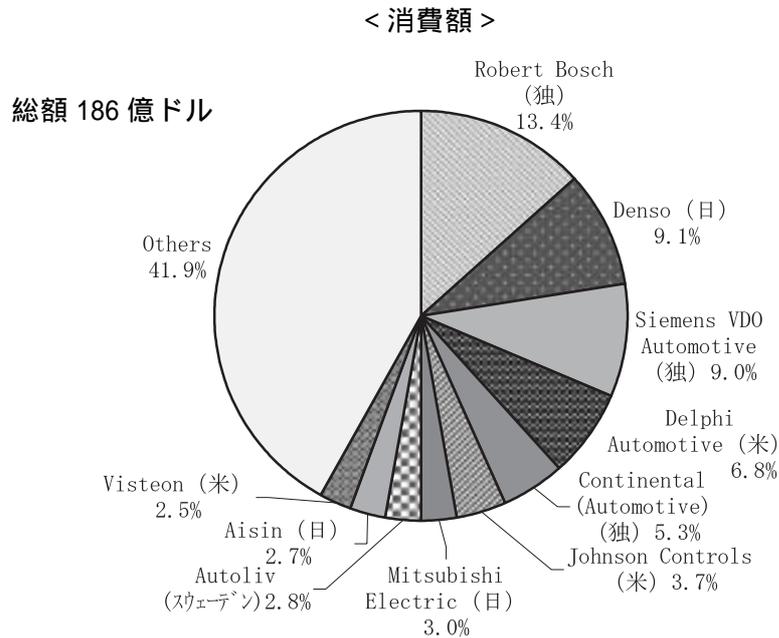
図表9で車載用半導体の世界生産額シェアをみると、日系のみならず欧米系の半導体メーカーが上位を占めることが分かる。インフィニオンやSTマイクロエレクトロニクスなどの欧州系半導体メーカーは欧州の自動車業界との関係が深く、フリースケールなどの米国系半

⁷ 南川明氏(アイサプライ・ジャパン株式会社)提供資料による

図表9 車載用半導体の生産額シェアおよび消費額シェア（06年）



(出所) Gartner "Top 20 Companies Revenue from Shipments of Total Semiconductor - Automotive" Mar 2007



(出所) Gartner "Leading Automotive Companies' Semiconductor Spending and Regional Consumption, Worldwide, 2006" Jan 2008

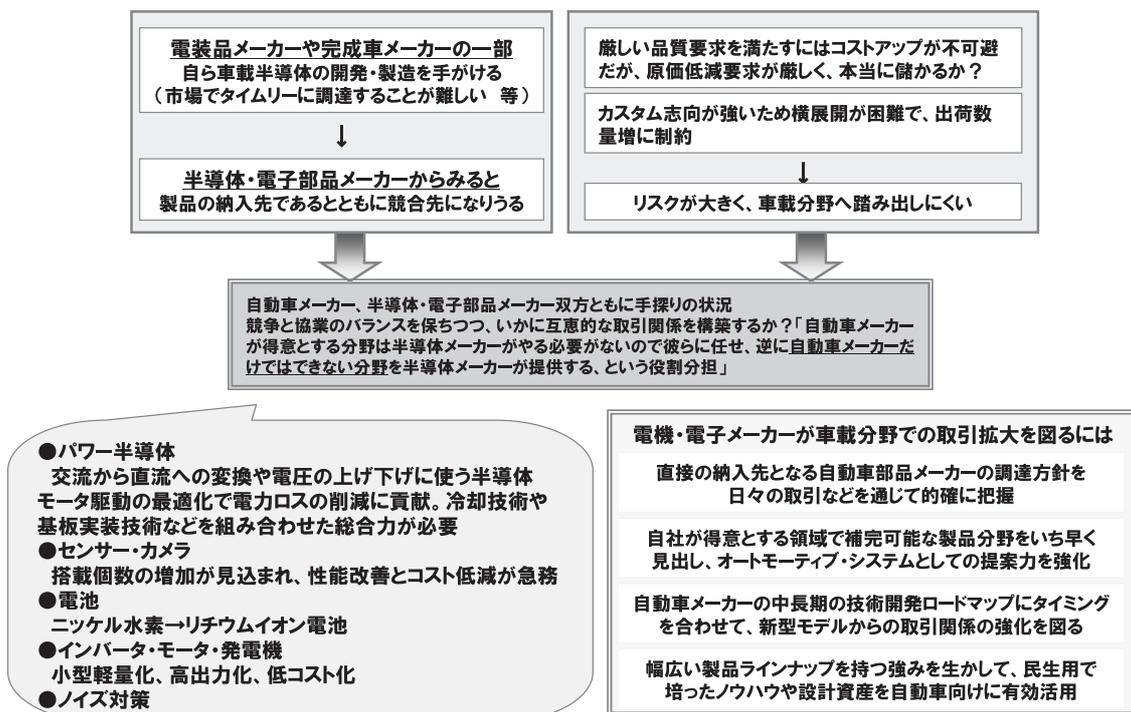
導体メーカーは米国の自動車業界と緊密な取引関係を有しているとされる。日系の半導体メーカーは日本の自動車業界向けを中心に相応のシェアを確保しているが、さらなる事業の拡大を図るためには、グローバル展開の強化、とりわけ欧米の自動車業界に対する販路の拡

大が大きな課題である。

車載分野は半導体メーカーがパワー半導体やセンサなどを単品で販売し、それを電装品メーカーがエンジン制御などのシステムに組み上げ、自動車メーカーに納入するのが一般的である。しかし、トヨタ自動車や、デンソー、ポッシュなど Tier 1 サプライヤーの一部には、みずから半導体の開発と製造を手がけるメーカーも存在する⁸。半導体からシステムまでの一貫開発を通じて、自動車の設計部門と半導体の開発部門が常に議論を行うことによっていち早くニーズを掴み、システムとして提案できることが、これら電装品メーカーの圧倒的な強みの源泉となっているものと考えられる。

とはいえ、図表 9 で車載用半導体の生産額シェアと消費額シェアを対比すると、自社で半導体を生産するポッシュやデンソーのいずれも、消費額が生産額を上回っている。このことは、両社ともすべてを内製しているわけではなく、実はかなりの割合で外部から半導体を調達していることを示している。半導体を内製するか外部調達に委ねるかの考え方は各社各様であろうが、概ねタイムリーな調達が可能な製品や量産段階に入った製品は半導体メーカーに委ねる一方、キーデバイスとなる半導体の開発ならびに生産は自社で行うことにより、ECU 全体としての開発力で優位性を確保しようとしているものと推察される。電機・電子業

図表 10 電機・電子業界の車載分野の取引拡大戦略



(出所) 日本政策投資銀行作成

⁸ 独ポッシュは 06 年 6 月、約 5.5 億ユーロを投じて 8 インチウエハを用いた半導体工場をシュトゥットガルト近郊に増設すると発表した。一方、デンソーは 07 年 4 月、愛知県の幸田製作所および高棚製作所に次ぐ第 3 の拠点として、北海道千歳市に車載用半導体製品を生産する新会社を設立し、2015 年度までに累計で約 240 億円を投資すると発表した。

界からみると、こうした電装品メーカーは製品の納入先であるとともに競合先となる可能性もあるため、競争と協業のバランスをいかに保ちながら、互恵的な取引関係を構築するかが重要な課題となる（図表 10）。

電装品メーカーはあらゆる半導体を生産しているわけではないため、自社で手がけていない分野や、1社だけでは開発が難しい領域については、半導体メーカーに取り組んで欲しいという期待があるとみられる。従って、両者の基本的な関係は、電装品メーカーが得意とする分野は半導体メーカーが手がける必要が低いため彼らに任せ、逆に電装品メーカーだけでは賅いきれない分野を半導体メーカーが提供する、という役割分担になる。

車載用半導体には、ECUに組み込まれるマイコンをはじめとして、パワー半導体、アナログ半導体、CCD/CMOSセンサ、LED（発光ダイオード）など様々な種類がある。

このうちパワー半導体は交流から直流への変換や電圧の上げ下げに用いられ、HEVのモータを制御するインバータモジュールにはIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）やダイオードなどのパワー半導体が数多く用いられている。HEVの普及を促進するためには、パワー半導体の高性能化とコストダウンを同時に実現することが不可欠である。安価で小型軽量の高性能インバータやDC/DCコンバータ⁹の実用化に向けて、シリコンに代わるSiC（シリコンカーバイド）など新材料の開発や冷却技術、基板実装技術などを組み合わせた総合力が求められることから、電機・電子メーカーとの協業に対する期待が高まっている。また、搭載個数の増加が見込まれるセンサも、自動車の環境・安全性能の向上に重要な役割を果たすことから、性能改善とコスト低減に向けた要請が強まっている。

電機・電子メーカーとしては、自社が提供できる競争力のある製品が、自動車の動力関連（電池など）、快適・安全関連（センサ、カメラなど）、情報関連（カーナビ、ITSなど）のうちどの分野に属するかを見極めることが重要である。そして、補完的な部品供給という役割から一歩踏み込んで、新しいコンセプトをコスト競争力とセットで提案できる力量を兼ね備えられれば、自動車メーカーや電装品メーカーのパートナーとしての立場から連携を深めることが可能となる。そのためには、完成品を生産する自動車メーカーの中長期的な技術開発ロードマップにタイミングを合わせながら、単品ではなく複数の半導体・電子部品を組み合わせたオートモーティブ・システムとしての提案力を強化し、自動車業界の開発負担の軽減に貢献することが重要である。また、半導体や電子部品の幅広いラインナップを持つ強みを生かして、民生用で培ったノウハウや設計資産を自動車向けに有効活用することが求められる。

⁹ ハイブリッド車のメインバッテリーの高電圧を、自動車内のアクチュエータに必要な低い電圧に変換する際に用いられる。

図表 11 電機・電子メーカーの自動車分野への取り組み

社名	注力分野・商品
日本電産	<ul style="list-style-type: none"> ・仏大手自動車部品メーカー「ヴァレオ」の車載用モータ事業を買収（06/10） 車載用モータの生産能力や Tier1 顧客への販売チャネルの整備には時間がかかるため、既に実績ある事業を買収し、本格的に参入するのが最も有効と判断 ・電動パワーステアリング / 電動ミラー用ブラシレス DC モーター、エアフロー、ボディー・クロージャ、座席ポジショニング、ブレーキ、ステアリング向けなどのブラシ付きモーター
村田製作所	<ul style="list-style-type: none"> ・リチウムイオン二次電池の事業化に向けて、エナックスおよび大研化学工業と開発・設計、製造、販売に関する包括的業務提携で合意（06/9） ・ECU用大容量セラミックコンデンサ、ハンズフリー用Bluetoothモジュール、バックソナー用超音波センサー、ナビ用MEMSジャイロセンサー、HDD用ショックセンサー、ノイズ対策部品
京セラ	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジン、トランスミッション、モータなどへのECUの直付けが増えるにつれて、軽量で耐熱性の強いセラミックの優位性が高まる。材料技術をベースにした高機能、高信頼性の部品技術に加え、モジュールやシステムレベルの設計力、製品開発力、生産技術力の強化に注力。 ・ECU/TPMS用水晶振動子、TPMS用SAWフィルタ・セラミックレゾネータ、キーレスエントリー用SAWフィルタ、タンタルコンデンサ、セラミックコンデンサ
北陸電気工業	<ul style="list-style-type: none"> ・国内だけでなくグローバルに自動車向けを伸ばす。07年は欧州の営業、デザインインの体制を強化 ・湿度センサー、高信頼性プリント配線板、可変抵抗器応用の各種センサ
アルプス電気	<ul style="list-style-type: none"> ・車載電装モジュール / システム、車載用センサー、車載用地デジチューナ、車載用Bluetoothモジュール、ETCモジュール、検出系スイッチなど
TDK	<ul style="list-style-type: none"> ・センサー関連製品（NTCサーミスタ、湿度センサー、ギアトゥースセンサー、回転センサーなど）、車載通信LAN向けコモンモードフィルタ類
ローム	<ul style="list-style-type: none"> ・超低抵抗チップ抵抗器、耐サージチップ抵抗器、チップタンタルコンデンサ、電源用パワーモジュール、電源系IC、LEDドライバ、スマートキー用IC、AIE用LSI、ワイヤレスオーディオリンクIC、おしゃべりLSI、パワーダイオード、パワートランジスタ
ニチコン	<ul style="list-style-type: none"> ・HEV用フィルムコンデンサ、インバータモジュール、アルミ電解コンデンサ
日本シイエムケイ	<ul style="list-style-type: none"> ・高信頼性の片面、両面、多層プリント配線版、ビルドアップ多層板、メタル基板
SMK	<ul style="list-style-type: none"> ・フォースフィードバックタッチパネル、コネクタ、リモコン、ジャック、Bluetoothモジュール、車載用カメラモジュールなど
マブチモーター	<ul style="list-style-type: none"> ・車載電装機器用モーター（エアコンダンパー用 / ドアロック用、ドアミラー / ミラー電格用、パワーユニット用、光軸調整用など）
ミツミ電機	<ul style="list-style-type: none"> ・アンテナ、チューナ、高周波モジュール、車載用センサー、カメラモジュール、各種コンポーネントなど

（出所）電波新聞（2006年12月7日）に一部加筆

第3章 カーエレクトロニクスがもたらす企業間関係の変化と電機・電子産業の商機

自動車のエレクトロニクス化の進展に伴い、自動車部品の取引をめぐる企業間関係にいかなる変化がもたらされ、電機・電子産業にとって、どのようなビジネスチャンスが生み出されるのだろうか。本項では、メカ駆動から電子制御への置き換え、自動車の電動化、車載LANによる統合制御の進展と次世代通信規格の策定、車載ソフトウェア開発の効率化、車載情報端末を中核とするマルチメディア・AV機能の高度化という5つの視点から、今後予想される企業間関係の変化と、電機・電子産業にとっての商機、課題について考察することとしたい。

1. メカ駆動から電子制御への置き換え

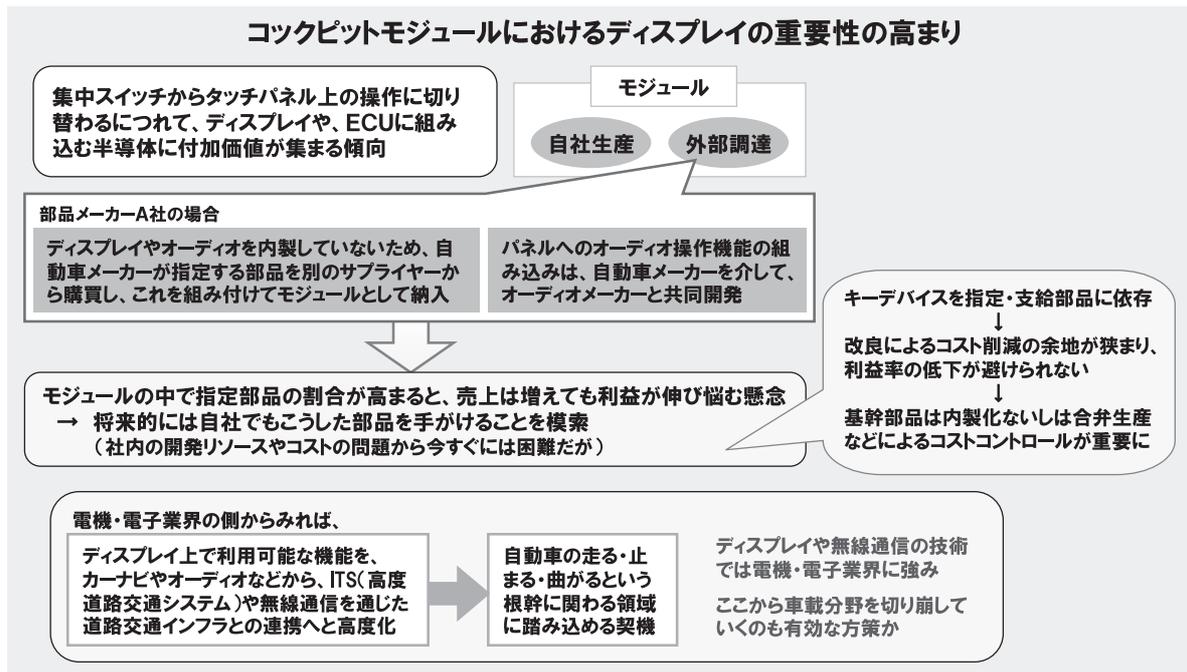
油圧やケーブルなどによるメカ駆動から電子制御への代替は、自動車の様々な分野ですでに進展しており、部品取引をめぐる企業間関係に少なからぬ影響を及ぼしている。

カーエアコンはその一例である。マニュアルエアコンのコントロールユニットは、温度や風量の調節を回すとワイヤケーブルが引っ張られて、エアコン本体のダクトが開閉する仕組みになっている。このため、コントロールユニットとエアコン本体を分離し、異なるメーカーが各々を開発することが可能であった。ところが、オートエアコンでは、冷暖房の温度を一定に保つための制御機能がエアコン本体の半導体に組み込まれる。関連部品メーカーによると、オートエアコンでは制御システムに占めるソフトウェアの比重が大きくなるため、エアコンメーカーがコントロールユニットも一体でモジュールとして受注することが多くなったという。従来は別々のメーカーが生産していた自動車部品をモジュール化するほどのインパクトが、自動車のエレクトロニクス化には秘められているということであり、電子制御化やソフトウェア開発への対応力を持つサプライヤーが、自動車メーカーとの取引において優位に立ちうることを示唆される。

シートの着座姿勢を調整する機構も電動パワーユニット化が進んでいる。パワーユニットはシートの総コストに占める比率が大きく、そのキーデバイスとなるのはモータである。あるメーカーによれば、シートの高機能化に伴い、モータの使用点数は大幅に増加しており、モータを生産する電子部品メーカーとの取引関係は年々拡大傾向にあるという。これを電機電子産業からみれば、自動車のエレクトロニクス化に伴う新たな商機の出現と捉えられ、将来的にはモータ単体にとどまらず、周辺回路や機構部品などを組み合わせたモジュール部品としての納入を目指すという方向性が考えられる。逆に、シートメーカーの視点から見ると、キーデバイスとなる電子部品を内製化できれば、これまで流出していた付加価値の源泉を自社内に取り込める可能性があるということになる。

コックピットモジュールでも、スイッチからタッチパネル操作に切り替わるにつれて、ディスプレイや半導体に付加価値が集まる傾向がみられる(図表12)。コックピットモジュールとは、インストルメントパネル、エアコンユニット、メータ、エアバッグモジュール、電

図表 12 メカ駆動から電子制御への置き換え ～コックピットモジュールの事例～



(出所) 日本政策投資銀行作成

子コントロールユニット、オーディオなどをクロスカービームに固定したモジュールである。モジュールを構成する部品には、自社で生産するものと外部調達するものがあり、あるメーカーの場合、ディスプレイは内製していないため、自動車メーカーが指定する部品を別のサプライヤーから購買し、これを組み付けてモジュールとして納入している。また、ディスプレイのパネルにオーディオの操作機能を組み込もうとすると、オーディオは内製していないため、自動車メーカーを介して、オーディオメーカーと共同で開発することになるという。社内の開発リソースやコストの問題から今すぐには困難であるが、モジュールに占める指定部品の割合が高まると自社による改良の余地が狭まり、売上は増えても利益が伸び悩む懸念があることから、将来的にはこうした部品をみずから手がけることを模索したいとのことである。

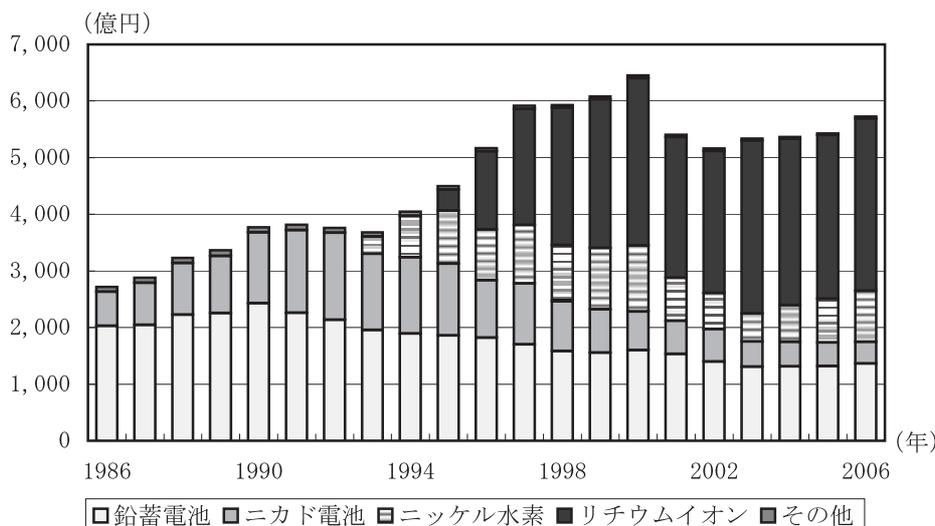
これを電機・電子産業からみると、ディスプレイでの操作機能を、ITS(高度道路交通システム)や無線通信を通じた道路交通インフラとの連携へと高度化することにより、自動車のパワートレインに関わる領域にも踏み込める契機となりうる。ディスプレイや通信分野の技術開発では電機・電子業界に強みがあり、ここから車載分野を切り崩していくのも有効な方策と考えられる。

2. 自動車の電動化 - 動力源のエレクトロニクス化の中核を担う電池 -

自動車の主たる動力源はガソリンエンジンないしディーゼルエンジンであるが、近年需要が拡大しているHEVでは、動力源としてエンジンとモータが併用されている。HEVは走行中にエンジンを停止してモータのみを使用することがあるため、エンジンの回転で動かしていたエアコンのコンプレッサーなどは、モータによって駆動する必要が生じる。HEVに続く次世代のエコカーとして開発が進められている燃料電池車や電気自動車になると、動力源は完全にモータに切り替わるため、さまざまな自動車部品の電動化が一気に進む可能性がある。

自動車の電動化の中核を担うのが、充電可能な二次電池である。HEVや電気自動車、燃料電池車には、高出力、小型軽量で長寿命の電池が不可欠となる。HEV用電池の市場規模は日本や北米を中心に急拡大しており、15年度には3,200億円を超す大市場になるとの見方がある¹⁰。今のところニッケル水素電池が主流であるが、小型軽量で長寿命なため民生用で幅広く用いられているリチウムイオン電池を自動車向けにも適用するためには、大容量化や品質の安定化、量産効果による大幅なコストダウンが必要とされている（図表13）。

図表13 二次電池販売金額の長期推移

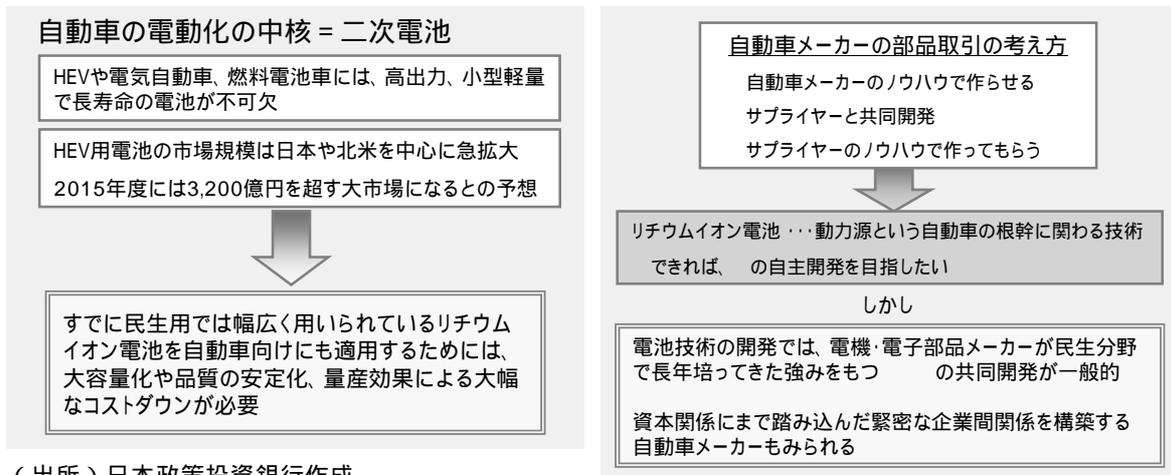


(出所)(社)電池工業会

自動車メーカーの部品取引の考え方が、自動車メーカーのノウハウで作らせるもの、サプライヤーと共同開発するもの、サプライヤーのノウハウで作ってもらうものの3つに大別されるとすれば、リチウムイオン電池は、動力源という自動車の根幹に関わる技術であり、自動車メーカーとしてはできることならば、の自主開発を目指したいところであろう。しかし、電池技術の開発では、電機・電子部品メーカーが民生分野で長年培ってきた強みを有することもあり、の共同開発の形態が一般的である。なかには資本関係にまで踏み込んだ緊密な企業間関係を構築する自動車メーカーもみられる（図表14）。

¹⁰ (株)ジーエス・ユアサコーポレーション 中期経営計画説明会資料参照
http://www.gs-yuasa.com/jp/ir_pdf/2006-06-13.pdf

図表 14 自動車の電動化の中核を担う二次電池



HEVで先行するトヨタ自動車は、96年に松下電器産業と合併で「パナソニックEVエナジー」を設立し、プリウスなどに搭載するニッケル水素電池やリチウムイオン電池の開発と製造を行っている。05年には、HEV開発を加速するために、従来の電池技術に加えて、車載搭載システム技術とのトータルな開発が必要になってきたとの認識から、出資比率をそれまでの松下グループ60%、トヨタ40%から、トヨタ60%、松下グループ40%に変更した¹¹(図表15)。

一方、日産自動車は、07年にNECおよびNECトーキンと折半出資で「オートモーティブ・エナジー・サプライ」を設立し、09年度までにリチウムイオン電池を供給する方針である。同社は独立企業として日産以外の自動車メーカーへの販売も目指すという¹²。日産は独自のハイブリッド車を10年までに投入し、10年代の早い時期に次世代の電気自動車などを投入する方針であり、NECグループと合併で専門会社を立ち上げることで、原価低減と量産に直接対処できるようになるとしている¹³。一方、NECグループとしては、NECトーキンが民生用途の電池事業で長年培った実績があり、これを通じて蓄積したリチウムイオン電池に関する専門知識やリソースを提供していく方針である。

なかには電機メーカーが過半出資で主導する事例もある。リチウムイオン電池の技術を保有し、その用途拡大を目指すジーエス・ユアサグループは、電池事業に参入して周辺事業の創出を目指す三菱商事、究極の環境対応車と位置付ける電気自動車の普及を目指す三菱自動車と合併で、07年末に「リチウムエナジー ジャパン」を設立し、09年度に年産20万個の生産規模を実現する方針である。

¹¹ トヨタ自動車 プレスリリース参照 http://www.toyota.co.jp/news/05/Oct/nt05_1008.html

¹² 日産自動車・NEC・NECトーキン プレスリリース参照
<http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2007/STORY/070413-01-j.html>

¹³ ルノーと日産自動車は08年1月、米ベンチャー企業と共同で、2011年にイスラエルに電気自動車と充電スタンドを供給することで同国政府と覚書を交わしたと発表した。カルフォルニアに拠点を置くプロジェクト・ベター・プレイス社が、イスラエル全土に50万基の充電スタンドを建設、運営する。日産はNECとの合併会社を通し、同電気自動車の必要条件に見合うバッテリーパックを開発、量産する。
<http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2008/STORY/080121-02-j.html>

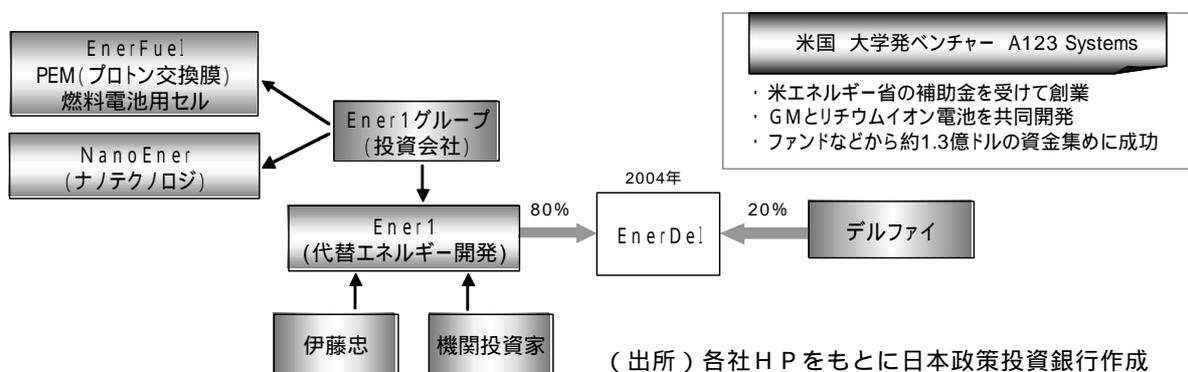
特定の自動車メーカーとの資本関係は持たない陣営も存在する。日立製作所は、新神戸電機、日立マクセルとの合併で「日立ピークルエナジー」を04年に設立した。モータ、インバータ、バッテリーというHEVの主要な3つのコンポーネントすべてを開発、設計、製造し、最適なシステムとして提供できることを強みとしており、すでに複数の自動車メーカーで採用され、累計販売数は20万セルに達しているという¹⁴。また、三洋電機はHEV用電池に関してフォード、ホンダ、フォルクスワーゲンと技術開発の提携を行っているが、国内外のさまざまな自動車メーカーと「一定の間隔で、我々なりに技術、品質のレベルアップを図りながら、また商品でお返しするようなビジネスモデルで展開」¹⁵する方針である。

このほか新規参入も相次いでおり、電子部品大手の村田製作所は、早期の事業参入を実現するため、電池メーカーのエナックスが保有するリチウムイオン電池に関する既存技術の供与を受け、大研化学工業を含む3社で包括的業務提携を締結し、研究開発や量産体制の構築を目指す方針である¹⁶。

このように、リチウムイオン電池をめぐる自動車メーカーと電機・電子部品メーカーの企業間関係は、共同開発を基軸としながら、資本関係にまで踏み込む事例が多くみられる。ただ、資本関係のあり方は各社各様であり、自動車メーカー側が過半を出資するケースもあれば、折半出資のケースもあり、逆に電池メーカー側が主導するケースも存在する。さらには、自動車メーカーの出資は受けずに、複数の自動車メーカーとの幅広い取引関係の構築を目指す勢力もある。

これを電機・電子産業からみれば、次世代自動車の開発に必要な先行投資のリスクを軽減するためには、安定的な供給先の確保が欠かせず、特定の自動車メーカーと組んで商品を開発し、他の顧客にも横展開するのが理想であろう。しかし、合併契約の場合には横展開にあたって制約を受ける可能性があり、提携先としても、差別化のために開発した商品を早い時期に他社に販売されては困るという意向もあろう。リチウムイオン電池をめぐる各陣営の企業間関係に違いが生じる背景には、想定される出荷数量や技術面でのシナジーなどを踏まえたパートナーシップ構築の得失判断が影響しているものと考えられる。

図表 16 活発化する米国のリチウムイオン電池開発



¹⁴ 日立製作所プレスリリース参照 <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2008/01/0121.html>

¹⁵ 電波新聞 08年1月8日付5面 新春社長対談参照

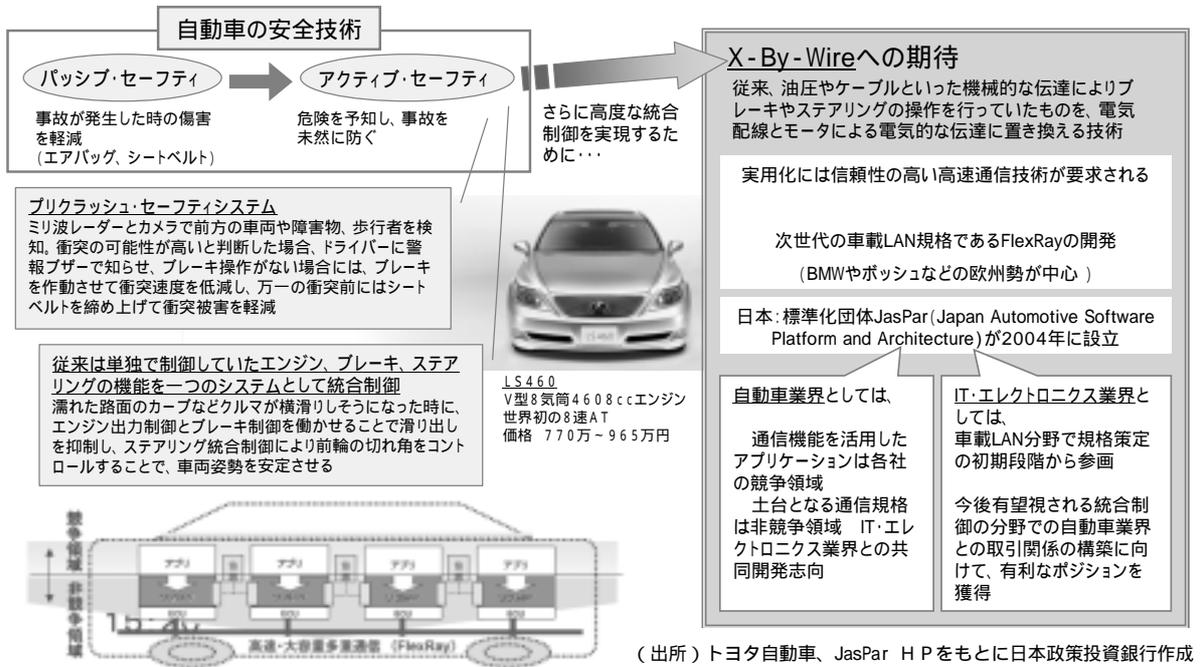
¹⁶ 村田製作所プレスリリース参照 <http://www.murata.co.jp/news/2006/060919.pdf>

リチウムイオン電池の分野ではこれまで日本勢が圧倒的な強みを有してきたが、ここにきて、A123 Systems、EnerDel、Valence Technology、Altair Nanotechnologies など米国のベンチャー企業が相次いで参入している¹⁷(図表 16)。GMは、MITの研究者らが設立した A123 Systems などと、家庭用電源で充電できるプラグイン・ハイブリッド車 (P H V) 用のリチウムイオン電池を共同開発しており、10 年までには P H V を市場に投入する方針である。電池は川上の材料も含めて技術革新がめまぐるしく、新規参入も活発なことから、自動車メーカーや電機・電子メーカーとしては、内外の最新の動向を常に把握しつつ、必要に応じて海外企業とのクロスボーダー・アライアンスも模索していく必要があるだろう。

3 . 車載 L A N による統合制御の進展と次世代通信規格の策定

自動車の安全技術は、エアバッグやシートベルトなど事故発生時の傷害を軽減するパッシブ・セーフティから、危険を予知して事故を未然に防ぐアクティブ・セーフティへと進化しつつある。高級車などへの搭載が始まったプリクラッシュ・セーフティシステムは、ミリ波レーダーやカメラで前方の車両や歩行者を検知し、衝突しそうな場合はドライバーに警報ブザーで知らせ、ブレーキ操作がなければブレーキを作動させて衝突速度を低減し、万一の衝突前にはシートベルトを締め上げて衝突被害を軽減する。従来は個別に制御されていたエンジン、ブレーキやステアリングの機能を統合制御し、カーブなどで車両姿勢を安定させる技術も実用化されているが、さらに高度な統合制御を実現するために、車載ネットワーク技術を活用した X-by-Wire への期待が高まっている (図表 17)。

図表 17 車載 L A N による統合制御の進展と次世代通信規格策定の動き



¹⁷ Wall Street Journal 08年1月11日付。EnerDelには米自動車部品大手のデルファイが出資している。

X-by-Wire とは、油圧やケーブルによる機械的な伝達でブレーキやステアリングの操作を行っていたものを、電気配線とモータによる電氣的な伝達に置き換える技術である。実用化に向けては信頼性の高い高速通信技術が必要とされるため、BMWやボッシュなどの欧州勢が先行し、新たな車載LANの規格である FlexRay の開発が進められている（図表 18）。日本でも、メーカー各社で協調しながら FlexRay の開発を行うことを目指し、JasPar（Japan Automotive Software Platform and Architecture）が 04 年に設立された。JasPar は、自動車メーカー 12 社や電装品メーカー 33 社に加えて、ソフト・ツールベンダー 42 社、半導体・電子部品メーカー 15 社、商社 10 社の計 112 社（07 年 9 月現在）が参画する業種横断的な標準化団体である。ネットワーク技術による統合制御の機能開発は各社の競争領域であるが、その土台となる通信規格は非競争領域であると自動車業界は位置付けており、IT・エレクトロニクス業界との共同開発による効率化を志向している。IT・エレクトロニクス業界としても、車載LANの規格策定に初期段階から参画することにより、統合制御分野における自動車業界との取引拡大に向けて、有利なポジションを獲得できるとの狙いもあると考えられる。

図表 18 車載LANのプロトコル比較

	L I N	C A N	FlexRay
正式名称	Local Interconnect Network	Controller Area Network	FlexRay
開発主体	L I Nコンソーシアム （欧州車メーカー中心）	Robert Bosch	FlexRay コンソーシアム （欧州車メーカー中心）
転送速度	低速（20Kbit/s）	中速（1Mbit/s）	高速（10Mbit/s）
チャンネル数	1チャンネル	1チャンネル	1 - 2チャンネル
通信方式	イベント・トリガ	イベント・トリガ	タイム・トリガ
用途等	・低スピード領域でコストパフォーマンスに優れる ・ライト制御、ドアミラー制御など	・現行の世界標準として普及（基幹ネットワーク、パワートレイン系、ボディ系まで広く使用） ・イベントトリガ方式のため、通信するイベントが重くなると遅延が予測不可能になりやすい	・高速通信、通信経路の二重化による高信頼性により、次世代「X-by-Wire」システム用の車載LANプロトコルとして標準化が進められている。

（出所）各種資料より日本政策投資銀行作成

4 . 車載ソフトウェア開発の効率化 - サプライヤーの三極化 -

自動車の電子制御化と統合制御化の進展に伴い、ECUに組み込まれるソフトウェアの開発負担が急増している。燃費性能や安全性など自動車の付加価値を高める技術は、車載ソフトウェアの品質に大きく左右されるようになっており、その効率的な開発体制を実現するため、新たな企業間関係のあり方が模索されている。

日本では、新型車開発の初期段階から、基幹部品を中心に Tier 1 クラスのサプライヤーの

エンジニアも参画し、自動車メーカーと共同で部品開発に取り組む手法が一般的である。自動車メーカーの提示する基本仕様に基づいて部品メーカーが詳細設計を行うことが多く、両者はその力関係に応じて業務を切り分け、各々の領域で交叉する部分を互いにすり合わせて対応してきた。ECUもエンジン、ブレーキやステアリングといった機能ごとに個別最適な開発が行われ、個人技能に頼る傾向が強かった。しかし、統合制御の進展につれて、ソフトウェアの一部の変更が全体に大きな影響を及ぼし、エンジニア不足も深刻化するに至り、従来の開発手法では限界が生じつつある¹⁸。1社だけではECUの統合に対応しきれないが、部品メーカーどうしは互いに競合関係にあるため、共同開発を促すためには、自動車メーカーのイニシアティブが必要であるとの認識が高まっている。

そこで自動車業界では、基盤となるプラットフォーム(PF)領域を標準化し、アプリケーション(AP)領域で機能の差別化を図るという方向性が検討されている。同じPF上でブレーキやサスペンションなどのAPを開発することにより、一からすべてを開発するよりも迅速かつ低コストで統合制御を実現しようという発想である。すでに欧州では、ダイムラー、BMW、ボッシュなどが中心となり、車載用ソフトウェアや電子・電気アーキテクチャの規格共通化を目指すAUTOSAR(Automotive Open System Architecture)が発足している。

PF化を進める際には、どこまでを標準化し、どこから差別化領域として設定するかがポイントになるが、類似の取り組みとして携帯電話における共同開発が先事例として参考になる。大手半導体メーカーのルネサステクノロジは、NTTドコモ、富士通、三菱電機、シャープと共同で、OS、ミドルウェア、ドライバーなどの基本ソフトウェア群とリファレンスチップセットを一体化した携帯電話PFを開発し、富士通、三菱電機、シャープ、ソニー・エリクソン製の端末に搭載された¹⁹。このPFを活用することで、端末メーカーは、携帯電話の基本機能のすべてを独自に開発する必要がなくなり、開発期間とコストの削減が可能となり、端末の差異化や機種展開も容易になるという。

携帯電話と自動車では開発スタイルが異なるため、同列に論ずることは適切でないかもしれないが、重要なのは、誰かがイニシアティブを取らないと、標準化は進まないということである。車載分野では自動車メーカーが主導的な役割を果たすものとみられるが、電機・電子メーカーとしても、PF開発への貢献はAP開発での商機につながる可能性が高いだけに、受け身の姿勢ではなく積極的に参画していくことが期待される。

APごとに個別開発されてきたECUの標準化が進み、いくつかの主要なECUに統合されるという方向性は、モジュール化の新たな展開と捉えることもできよう。これまでメカカルな部品の組み合わせを中心に進展してきたモジュール化の波が、ECUやソフトウェアのレベルまで押し寄せてきたのである。バッテリーモジュールやモーターユニットなど、エレクトロニクスを中軸とする新たなモジュールが増加し、これらをつなぐネットワーク技術

¹⁸ 重松崇「自動車制御用ソフトウェアの開発動向」TOYOTA Technical Review Vol.49 No.2 参照

¹⁹ ルネサステクノロジのプレスリリース参照

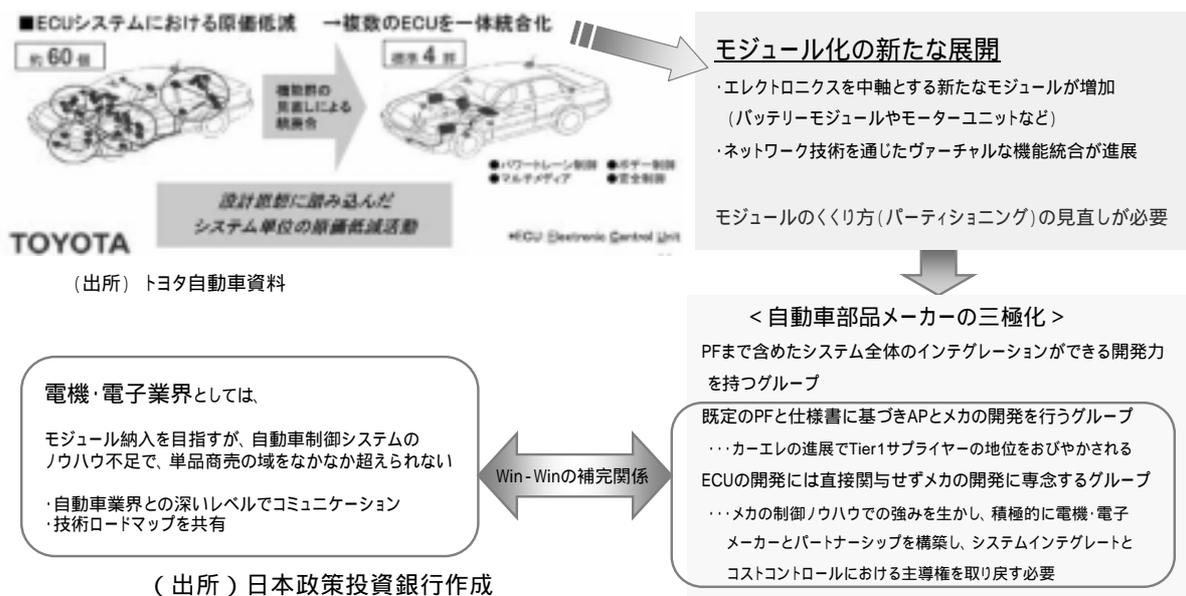
http://japan.renesas.com/media/company_info/news_and_events/press_releases/2007/1211/20071211j.pdf

を通じたヴァーチャルな機能統合が進展するにつれて、モジュールのくくり方(パーティショニング)の見直しが必要になるとの見方がある²⁰。今後、自動車部品メーカーは、PFまで含めたシステム全体のインテグレーションができる開発力を持つグループ、既定のPFと仕様書に基づきAPとメカの開発を行うグループ、ECUの開発には直接関与せずメカの開発に専念するグループに三極化する可能性がある。

なかでも経営環境の厳しさが増す懸念があるのは、メカ主体のサプライヤーである。機構制御のノウハウが集積される半導体や電子部品を外部調達に依存せざるを得ない状況を打破するためには、メカの制御ノウハウでの強みを生かし、みずから積極的に電機・電子メーカーとパートナーシップを構築し、システムインテグレートとコストコントロールにおける主導権を取り戻す必要がある。モジュールの競争力を維持するためには、ソフトウェアの開発力が重要な要素となっており、今後は自動車部品メーカーがソフトウェア会社を買収するといった事例が増える可能性もある。すべての自動車メーカーが系列部品メーカーの育成をサポートできる環境ではなくなりつつあり、部品メーカーによる自発的なアライアンスの取り組みを自動車メーカーは期待しているように見受けられる。

電機・電子業界としても、車載事業の収益性を改善するためにはモジュール納入を目指すことが求められるが、自動車制御システムのノウハウが不足しているため、単品商売の域をなかなか超えられないのが悩みの種である。自動車業界との深いレベルでコミュニケーションを行い、技術ロードマップを共有することにより、両者がWin-Winの補完関係を構築できる可能性は十分にあると考えられる(図表19)。

図表19 車載ソフトウェア開発の効率化



²⁰ 目代武史/岩城富士大(2007)「日本自動車メーカーのモジュール化戦略と欧米メーカーとの国際比較」アジア・パシフィック自動車フォーラム東京2007

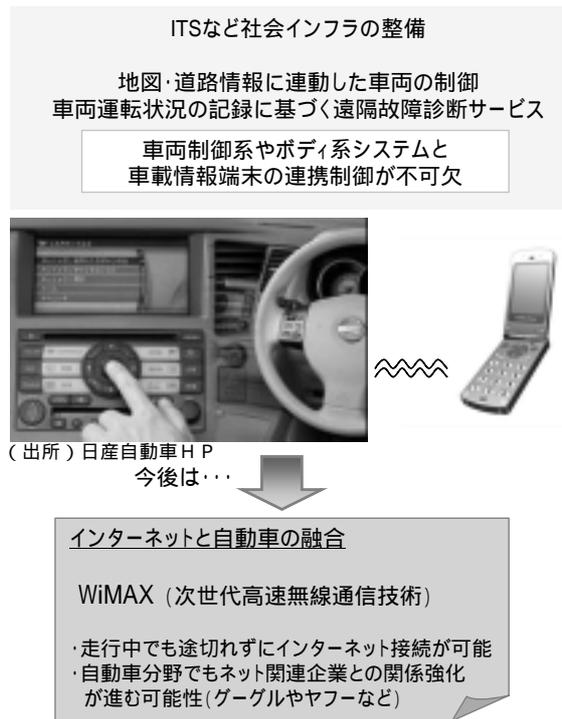
5．車載情報端末を中核とするマルチメディア・AV機能の高度化

カーエレクトロニクスは、制御系やボディ系に加えて、快適利便性をもたらすマルチメディア・AV系でも進展が著しい。主要自動車メーカーは、カーナビと携帯電話を無線（Bluetooth）で接続し、目的地設定や周辺の観光情報の提供を行うといったサービスをすでに開始している。今後、ITSなど社会インフラの整備が進めば、地図・道路情報に連動した車両の制御や、車両運転状況の記録に基づく遠隔故障診断サービスの提供などの実用化が期待されるが、そのためには、車両制御系やボディ系システムと車載情報端末を連携制御することが不可欠となる。

NECおよびNECエレクトロニクスは07年12月、トヨタ自動車、アイシン・エイ・ダブルユならびにデンソーとの協力により、次世代車載情報系プラットフォーム向けマイコンおよびOSを開発したと発表した（図表20）。これにより、設計期間の短縮、開発したソフトウェア資産の継承、変更や応用の容易性を確保できるという。今後、3社と協力し、10年以上のトヨタのマルチメディア情報機器搭載車への採用を視野に入れた開発を進めるとともに、業界標準を目指し、他の自動車メーカーやIT関連企業への採用の働きかけも進める方針である。自動車メーカーは環境・安全分野の開発に軸足を置き、マルチメディア・AV分野については、先行する民生分野の技術を車載用に転用していくというスタンスが強いといわれる。車載情報端末の開発において電機・電子メーカーが主導的な役割を果たしうる余地は大きく、今後さらに積極的な提案が望まれる。

インターネットと自動車の融合も注目される動きである。カーナビのネット接続が可能になれば、観光情報の検索や宿泊施設の手配などが手軽に行え、いつでも好きな音楽や動画の配信を受けることが可能になる。車内のエンターテインメント性は格段に向上し、自動車の魅力を高め、消費者への訴求力を強化することにつながる。高速走行中でも安定した接続を確保するためには、通信容量の大容量化と基地局の整備が課題となるが、次世代高速無線通信技術として開発が進められているWiMAX（ワイマックス）を使えば、走行中でも途切れずにネット接続が可能になるという。携帯電話でもネット接続が本格化するにつれて、グーグルやヤフーと通信事業者の間で提携が活発化したが、今後は、自動車分野でもネット関連企業との関係強化が進む可能性がある。

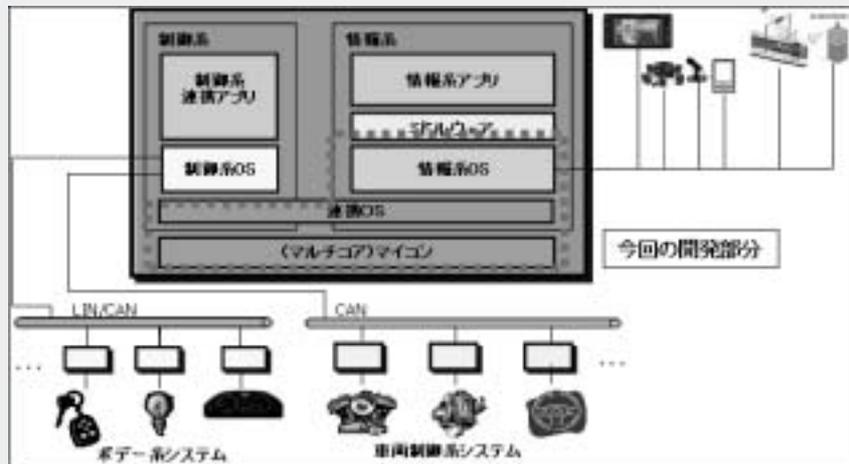
図表 20 車載情報端末を核とするマルチメディア・A V 機能の高度化



2007年12月

NECとNECエレクトロニクスは、トヨタ自動車、アイシン・エイ・ダブリュ、デンソーの協力で、次世代車載情報系プラットフォーム向けマイコンとOSを開発

→設計期間の短縮、ソフトウェア資産の継承、変更や応用の容易性を確保



(出所) NEC、NECエレクトロニクスHP

- ・自動車メーカーは環境・安全分野の開発に軸足。
- マルチメディア・AV分野は、先行する民生分野の技術を車載用に転用。
- ・車載情報端末の開発において電機・電子部品メーカーが主導的な役割を果たしうる余地は大きく、積極的な提案が望まれる。

(出所) 日本政策投資銀行作成

第4章 電機・電子産業で台頭する分業型ビジネスモデルと自動車産業

世界のパソコン業界では、標準コンポーネントを最大限に活用しながら在庫レス生産や直販システムを展開し、組立は台湾メーカーなどに委託するメーカーが台頭している。中核となる半導体はインテル製、OSはマイクロソフト製のものが業界標準品として外販されているため、パソコンメーカーは機器の制御ノウハウを外部調達に依存せざるをえないことが、その背景にある。代表的なデジタル家電製品である液晶テレビでも、パネルや半導体チップセットを外部調達して製造を委託するビジネスモデルで、米国のファブレスであるビジオなどが存在感を増している。画像や音声処理を担うキーデバイスとなるシステムLSIは、日本では垂直統合型のメーカーによる内製が中心であるが、世界の潮流は、回路の設計やソフトウェアの開発を専門に行うファブレスと、大規模投資によるコスト競争力を強みとして受託製造に特化するファウンドリーによる分業モデルに移行しつつある（図表21）。

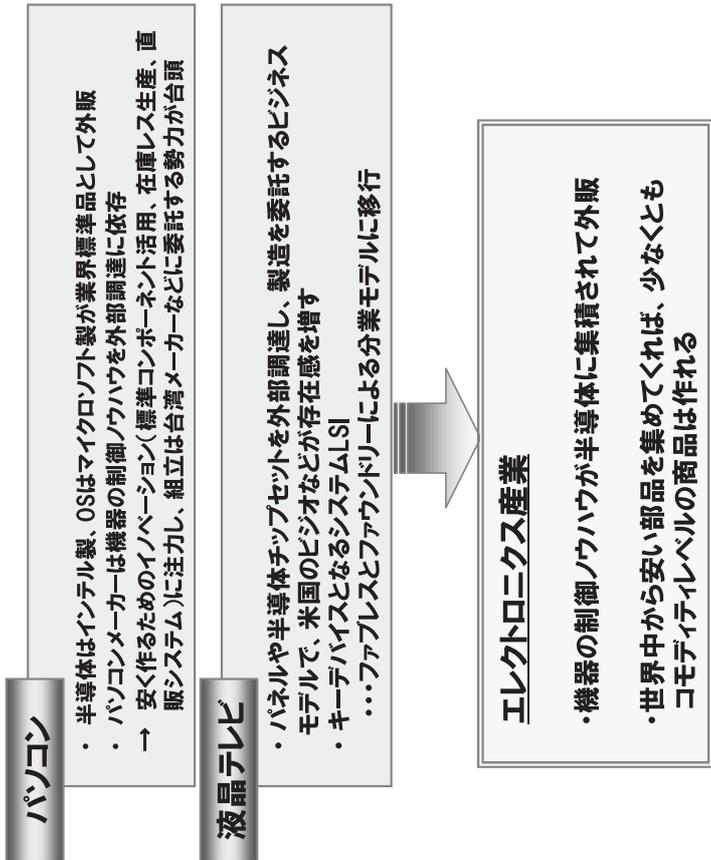
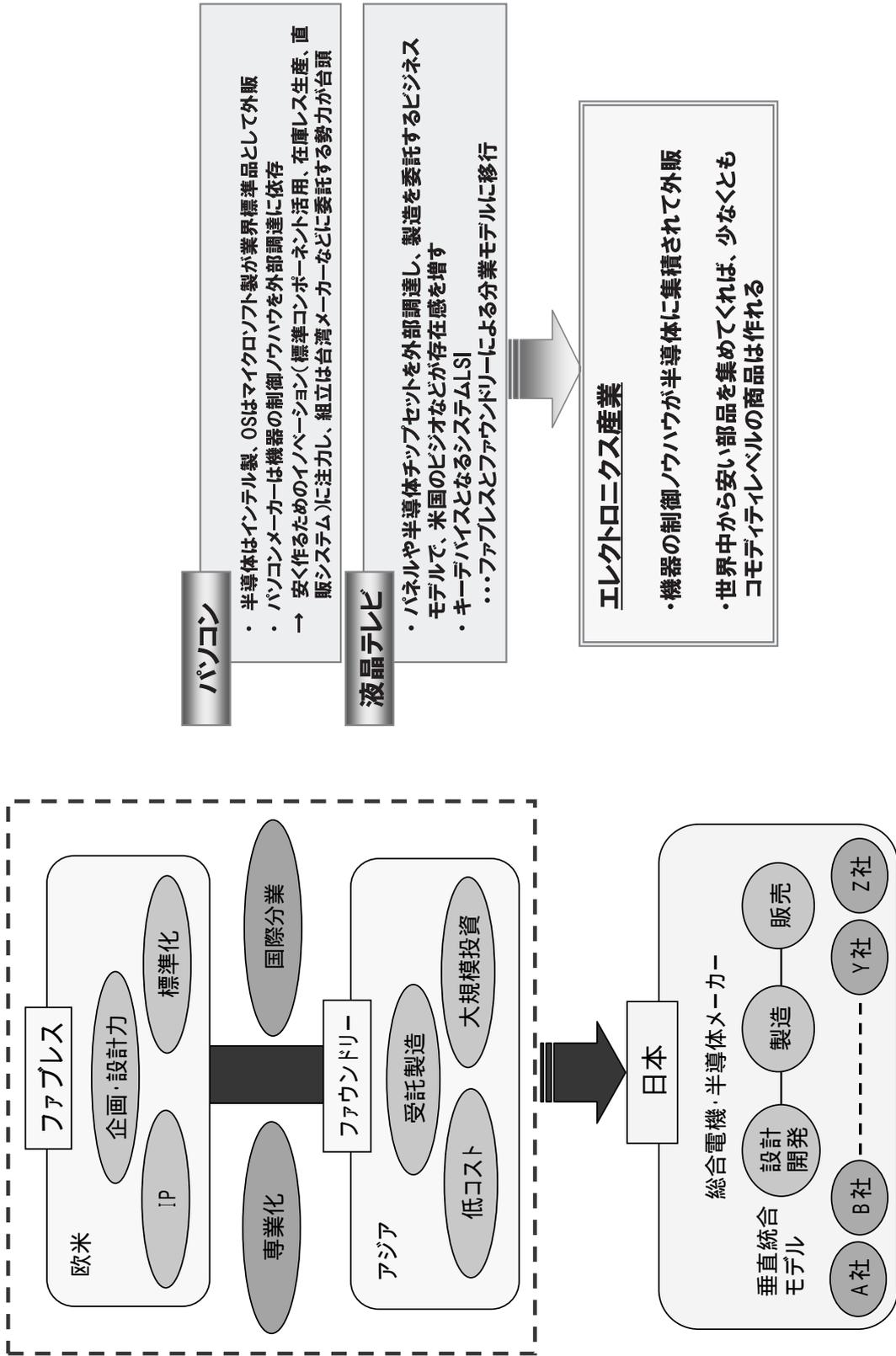
このように、エレクトロニクス産業では、機器の制御ノウハウの外販が進んでおり、世界中から安い部品を集めてくれば、少なくともコモディティレベルの商品は作れる状況になりつつある。そして、セット製品のレベルだけでなく、後述のように、制御ノウハウが組み込まれる半導体のレベルでも、分業型のビジネスモデルが優勢になりつつある。

では、自動車においても、半導体がキーデバイスとなるにつれて、パソコンやデジタル家電と同様の分業型ビジネスモデルが成り立つ可能性はあるのだろうか（図表22）。

自動車は、数万点に及ぶ部品を自動車メーカー独自のノウハウで統合することにより機能が実現されている。自動車メーカーが車載ソフトウェア開発において分業体制の導入を検討するといっても、それは急増するソフトウェア開発量に対応するために構造化・階層化を進めることが主たる目的であり、自動車の制御ノウハウに基づくシステム全体の設計や、ハードウェアとソフトウェアの切り分けといった川上の源流部分は、これまでどおり自動車メーカーが中核的な役割を担うものとみられる。搭載される半導体についても、自動車メーカーはコストだけでなく信頼性を非常に重視し、要求される品質のレベルは民生用とは桁違いに厳しいため、自動車用途を意識した特別な開発体制や生産管理が必要になる。半年サイクルといった足の短い民生ビジネスとは異なり、少なくとも10年前後の供給責任が伴う一方、カスタム品が多く出荷数量は限られる。こうしたことから、車載向けは、設計・開発から製造までを一気通貫で行う垂直統合型の半導体メーカーが強みを生かせる分野であり、ファブレスやファウンドリーが本格参入するには困難を伴うものとみられる。

こうした企業間関係に変化をもたらさうとすれば、一つは電機・電子メーカーによるTier1クラスの自動車部品メーカーの買収であろう。自動車のエンジンやパワートレインなどの制御ノウハウを部分的であれ手に入れることになれば、エレクトロニクスにメカトロニクスを融合したシステム提案ができる有力な存在となる可能性がある。もう一つは自動車の技術革新により、これまで自動車メーカーが蓄積してきたノウハウとは異なるデジタル制御化が進展することである。次世代自動車として注目を集める電気自動車は、自動車のシステムを一変させる可能性を秘めているように見受けられる。

図表 21 電機・電子産業で台頭する分業型ビジネスモデル



パソコン

- ・半導体はインテル製、OSはマイクロソフト製が業界標準品として外販
- ・パソコンメーカーは機器の制御ノウハウを外部調達に依存
- 安く作るためのイノベーション(標準コンポーネント活用、在庫レス生産、直販システム)に注力し、組立は台湾メーカーなどに委託する勢力が台頭

液晶テレビ

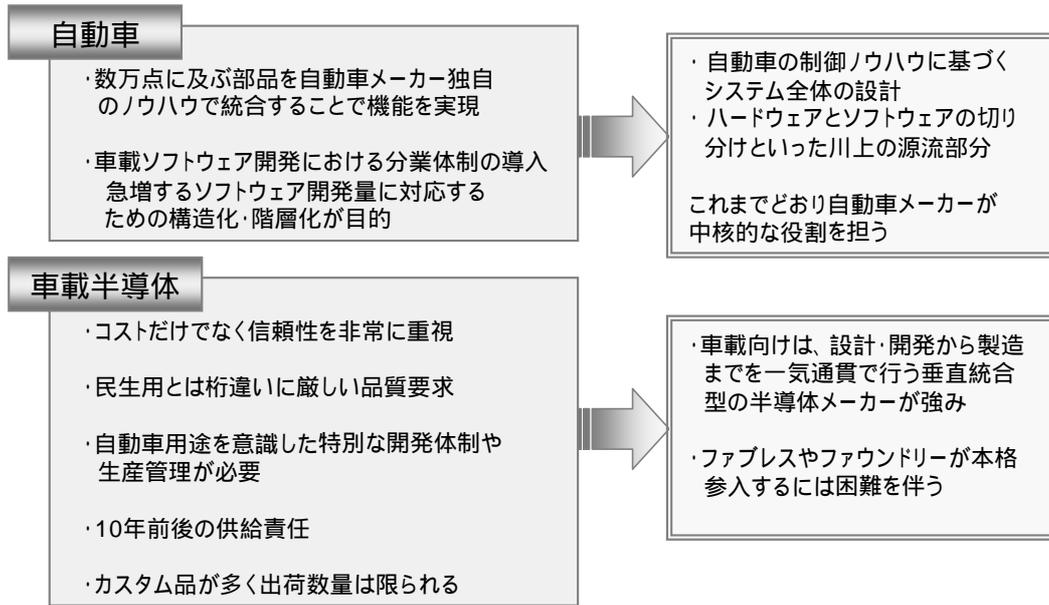
- ・パネルや半導体チップセットを外部調達し、製造を委託するビジネスモデルで、米国のビジオなどが存在感を増す
- ・キーデバイスとなるシステムLSI
- …ファブレスとファウンドリーによる分業モデルに移行

エレクトロニクス産業

- ・機器の制御ノウハウが半導体に集積されて外販
- ・世界中から安い部品を集めてくれれば、少なくともコモディティレベルの商品は作れる

(出所) 日本政策投資銀行作成

図表 22 自動車産業における分業の可能性



こうした企業間関係に
変化をもたらそうとすれば・・・

電機・電子メーカーによるTier1
クラスの自動車部品メーカーの買収

自動車の制御ノウハウを部分的であれ手に入れる

エレクトロニクスとメカトロニクス
を融合したシステム提案力

自動車のデジタル制御化の進展

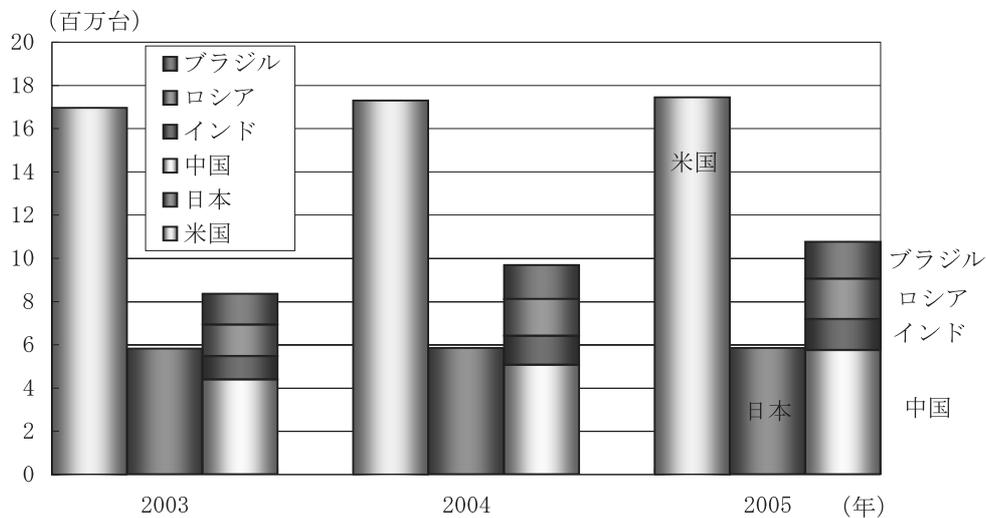
電気自動車？

(出所) 日本政策投資銀行作成

第5章 需要拡大が見込まれる低価格車分野におけるカーエレクトロニクスの方角性

ブラジル、ロシア、インド、中国を合計した BRICs 4 カ国における自動車販売台数は、1,070 万台強（05 年）となり、世界全体（6,285 万台）の 17% を占めるまでに拡大した（図表 23）。現状の伸びが続けば、2010 年代前半には米国市場（約 1,700 万台）を抜き、BRICs は世界最大の自動車市場となるものと予測される。BRICs のなかでは中国が 576 万台（05 年）と過半を占め、インドは 143 万台にとどまるが、03～05 年にかけての年率平均伸び率をみると、インドは 15.2% に達し、中国の 14.5% を上回る²²。今後は、中国に加えて、インドや中近東、アフリカなどの新興国が自動車販売の主戦場になるものと見込まれる。

図表 23 米国・日本・BRICs の自動車販売台数



(出所) 日本自動車工業会

図表 24 は、インドのニューデリーで 08 年 1 月に開催された第 9 回 Auto EXPO において、インドの地場メーカーであるタタ自動車が初公開した 1 ラーク (= 10 万ルピー、約 28 万円) カー「ナノ」である。ナノは排気量 623cc、33 馬力の 2 気筒エンジンを搭載する。4 人乗りで全長 3.1m、全幅 1.5m、全高 1.6m と日本の軽自動車並みのサイズであるが、全長はやや短い。インドでは一部の富裕層を除き、多くの国民にとって自動車はまだ高嶺の花である。月収 1 万ルピー (約 2.8 万円) 程度の労働者にとって、4 万ルピー弱の二輪車であれば、ローンを利用すれば購入できるので、二輪車は手軽な移動手段として人気が高い。ナノは廉価版の価格がマルチ・スズキの「マルチ 800」のおよそ半額と安いことから、これまでの二輪車ユーザーを新たな購買層として開拓できる可能性がある。現代自動車やルノーなども 3～5 千ドル前後の自動車を投入予定と伝えられており、今後の主戦場となる低価格車における開発競争が国内外のメーカー間で激化している。

²² ロシア 12.6%、ブラジル 9.6%

図表 24 インドのタタ自動車の低価格車「ナノ」



(出所) 筆者撮影

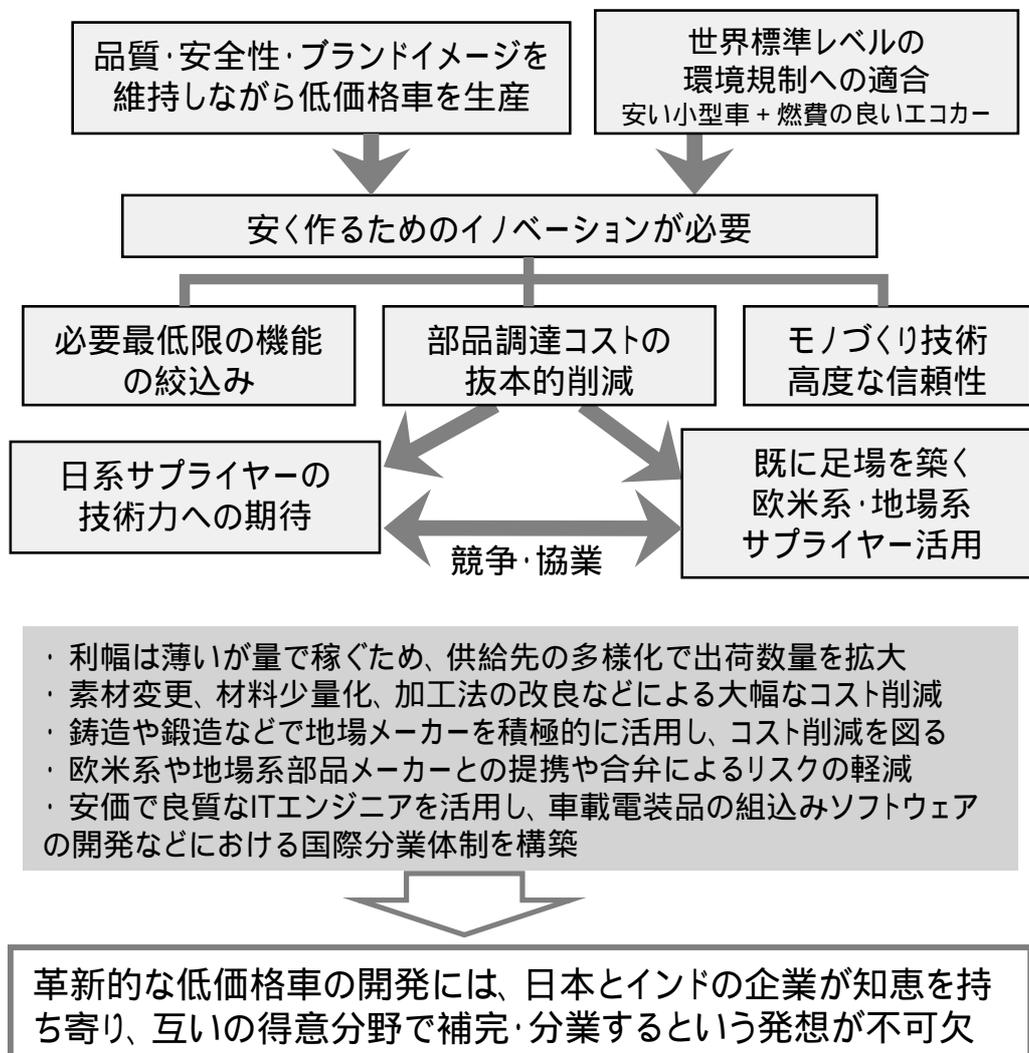
図表 25 インドの二輪車メーカーのバジャジオートが試作した小型車



(出所) 筆者撮影

とはいえ、品質やブランドイメージを維持しながら 30～50 万円前後の自動車を開発することは容易ではない。しかも、インド政府は自動車の環境・安全基準を段階的に強化する方針を打ち出しており、低価格車といえども相応の環境安全性能を満たすことが求められる²³。こうした低価格車は部品や材料に割けるコストが限られるため、搭載される電装品は法規制をクリアするために最低限必要なものに絞り込まれるとみられる。電装品メーカーとしては、利幅が薄いため量で稼ぐことが重要になり、供給先の多様化で出荷数量を拡大するとともに、材料の変更や使用量の削減、加工法の改良などにより大幅なコスト削減を図ることが必要とされる。また、インドは安価で良質なITエンジニアが多数存在しており、電装品の組込みソフトウェアの開発において日印間で効率的な分業体制を構築する余地があるものと考えられる（図表 26）。

図表 26 日系自動車メーカーのインドにおける低価格車戦略のイメージ



（出所）日本政策投資銀行作成

²³ タタ自動車はHP上で「ナノ」の安全性や環境性能は現行の規制値をクリアしていると述べている。

日系部品メーカーとしては、新興国市場で先行する欧米系部品メーカーや地場メーカーとの提携や合併によるリスクの軽減も検討すべき課題となろう。独ボッシュはインドを含む新興国市場向けに競争力のある価格で電装品を提供するノウハウの開発に注力しており、インドの地場メーカーと共同で電子制御ディーゼル/ガソリン噴射システムの開発を進めるとともに、地場自動車メーカー向けの車内ネットワーク開発にも取り組んでいる²⁴。ABSやエアバッグなどの安全装備や、エアコン、オーディオやカーナビなどのオプション機器は、現在は価格が高いため、新興国での装着率は低いが、安全や快適性に対する潜在的なニーズは確実に存在する。電装品メーカーとしては、従来とは比較にならないほど安く生産することが求められるが、この難題をいち早くクリアできたメーカーだけが巨大な市場を手に入れられることになるため、日系メーカーの積極果敢なチャレンジが期待される。

²⁴ Robert Bosch India Limited 'Robert Bosch India at a Glance'による。

おわりに

競争と協業の領域をどこで区切るかがパソコンやデジタル家電のように明確にされないままにエレクトロニクス化が進展し、電機電子産業との関係構築が互いに手探り状態となっているのが自動車産業の現状であろう。電機・電子メーカーが品質や価格に関する顧客の要望を満たすよう最大限努力すべきことはいうまでもないが、日本の強みである民生用の優れた技術を車載向けに応用するためにも、自動車メーカーはその主導的な立場に鑑み、競争領域と非競争領域の可視化と、非競争領域における業種横断的なパートナーシップの構築に向けて、リーダーシップを発揮する必要があるだろう。

次世代自動車技術の開発に向けて、欧米では産官学の連携が活発に展開されている。欧州では、アウディ、BMW、ダイムラー、ポッシュ、コンチネンタルおよび半導体メーカーのElmosとインフィニオンの計7社が、独教育・研究省の支援も受け、08年から5億ユーロ以上を投資してカーエレクトロニクス技術の共同研究開発を計画している²⁵。同事業では、運転者支援システムなど安全面に加えて、エンジンの効率化や排ガス削減といった環境面の技術開発を重点的に進めるという。一方、米国では大学発ベンチャーによる研究開発が活発であり、GMとリチウムイオン電池の共同開発を手がけるA123 Systemsは、米エネルギー省の補助金を受けて創業し、ファンドなどから約1.3億ドルの資金を集めて開発を進めている²⁶。

日本としてもこれらの事例を参考にしながら、次世代自動車の開発に向けた産官学の連携を強化するとともに、世界トップレベルのものづくり技術を電機・電子産業との連携にも生かし、電子制御プラットフォームの標準化に向けた動きで世界をリードするような取り組みが求められよう。

²⁵ シュツットガルト自動車・原動機研究所（FKFS）ホームページ参照。FKFSによると、電機・電子技術は中型車の付加価値の30%を占め、自動車のイノベーションの約90%をもたらしているという。同事業では、運転者支援システムなど安全面のほか、エンジンの効率化や排ガス削減といった環境面の技術開発を重点的に進める。

http://www.fkfs.de/no_cache/unternehmen/news-presse/presse-detail/article/37/1/f57022402d/

²⁶ Wall Street Journal 08年1月11日付

参考文献

- 電気学会・42V電源化調査専門委員会編(2003)「自動車電源の42V化技術」オーム社
- 日経 Automotive Technology (2005)「カー・エレクトロニクスのすべて」日経BP社
- トヨタ・テクニカル・レビュー Vol.49 No.2 (1999)
- デンソーテクニカルレビュー Vol.10 No.2 (2005)
- 新誠一(2006)「図解カーエレクトロニクス最前線」工業調査会
- スティーブン・ホルツナー(2008)「DELL世界最速経営の秘密」二見聡子訳、インデックス・コミュニケーションズ

◇日本経済一般

- ・人的資本の蓄積と生産性の変化 71 (2004.12)
- ・コスト面からみた資本、労働の動き 60 (2004. 3)
- ・日本企業の生産性と技術進歩 44 (2002. 8)

◇金融・財政

- ・企業の資金余剰と使途の変化 86 (2005. 9)
- ・企業の資金調達動向 65 (2004. 6)
 - 銀行借入と代替的な資金調達手段について—
- ・邦銀の投融资動向と経済への影響 41 (2002. 8)
- ・社会的責任投資 (SRI) の動向 40 (2002. 7)
 - 新たな局面を迎える企業の社会的責任—
- ・近年の企業金融の動向について 35 (2002. 3)
 - 資金過不足と返済負担—

◇設備投資・企業経営

- ・日本のM&A動向と企業財務の改善効果 93 (2006.12)
- ・企業の設備投資行動とイノベーション創出に向けた取り組み 76 (2005. 2)
 - 設備投資行動等に関する意識調査結果 (2004年11月実施)—
- ・日本企業の設備効率向上に向けた取り組みと課題 74 (2005. 1)
 - 意識調査と財務データからみた特徴—
- ・デフレ下の資本財価格低下と設備投資への影響 62 (2004. 4)
 - 財別・産業別価格データによる計測—
- ・設備投資・雇用変動のミクロ的構造 43 (2002. 8)
- ・ROAの長期低下傾向とそのミクロ的構造 30 (2001.12)
 - 企業間格差と経営戦略—

◇消費・貯蓄・雇用

- ・将来不安と世代別消費行動 46 (2002.10)
- ・労働分配率と賃金・雇用調整 34 (2002. 3)
- ・家計の資産運用の安全志向について 16 (2000.10)
- ・企業の雇用創出と雇用喪失 6 (2000. 3)
 - 企業データに基づく実証分析—
- ・消費の不安定化とバブル崩壊後の消費環境 1 (1999.10)
- ・人口・世帯構造変化が消費・貯蓄に与える影響 248 (1998. 8)
- ・資産価格の変動が家計・企業行動に与える影響の日米比較 244 (1998. 7)
- ・近年における失業構造の特徴とその背景 240 (1998. 4)
 - 労働力フローの分析を中心に—

◇貿易・直接投資

- ・変貌するわが国貿易構造とその影響について 29 (2001.11)
 - 情報技術関連(IT)財貿易を中心に—

◇海外経済

- ・中国による対日直接投資と中国人留学生による日本での起業 57 (2003. 9)
 - 中国経済の活力を日本に取りこむために—
- ・中国の経済発展と外資系企業の役割 47 (2002.11)
- ・米国の景気拡大と貯蓄投資バランス 8 (2000. 4)
- ・米国経済の変貌 255 (1999. 5)
 - 設備投資を中心に—
- ・アジアの経済危機と日本経済 253 (1999. 3)
 - 貿易への影響を中心に—

〔産業・技術・環境〕

◇最近の産業動向

- ・わが国企業の知的財産有効活用に向けて 84 (2005. 7)
 - 企業内の非中核技術と環境技術の活用を中心に—
- ・主要産業の生産は、素材、資本財産業を中心に減少へ 27 (2001. 7)
- ・内需の回復続き、多くの業種で生産増加 13 (2000. 8)
- ・輸出はアジア向けで堅調、内需は回復に力強さがみられず 5 (2000. 1)
- ・全般的に緩やかな回復の兆し 260 (1999. 8)

◇技術開発・新規事業

- ・燃料電池の現状と普及に向けた課題 83 (2005. 5)
- ・研究開発の循環性、収益性の検討 81 (2005. 3)
 - 設備投資との比較を中心に—
- ・技術寿命の短期化と財務構造へ与える影響 78 (2005. 3)
- ・日本のイノベーション能力と新技術事業化の方策 67 (2004. 8)
 - カーブアウト等による新産業創造—
- ・90年代以降の企業の研究開発動向 63 (2004. 4)
- ・製造業における技能伝承問題に関する現状と課題 261 (1999. 9)
- ・最近のわが国企業の研究開発動向 247 (1998. 8)
 - 技術融合—
- ・わが国企業の新事業展開の課題 243 (1998. 7)
 - 技術資産の活用による経済活性化への提言—

◇環境・防災・地域

- ・ドイツにおけるブラウンフィールド再開発 91 (2006. 6)
—用地リサイクルにみる環境リスク管理—
- ・都市集積の評価と建物コンバージョン事業による地域再生の可能性 89 (2006. 5)
- ・防災マネジメントによる企業価値向上に向けて 80 (2005. 3)
—防災 SRI(社会的責任投資)の可能性—
- ・水循環の高度化に関する技術動向と展望 75 (2005. 1)
—水処理ビジネスの新たな展開—
- ・LCA (ライフ・サイクル・アセスメント) による温暖化対策の改善 64 (2004. 4)
- ・都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望 61 (2004. 4)
—屋上緑化等の技術とコストを中心に—
- ・素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開 55 (2003. 7)
—リサイクルビジネスの高度化に向けて—
- ・企業の温暖化対策促進に向けて 53 (2003. 5)
- ・食品リサイクルとバイオマス 48 (2002.12)
- ・使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題 36 (2002. 3)
- ・都市再生と資源リサイクル 33 (2002. 2)
—資源循環型社会の形成に向けて—
- ・環境情報行政と IT の活用 32 (2002. 1)
—環境行政のパラダイムシフトに向けて—

◇化学・バイオ

- ・循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性 69 (2004. 9)
—建材用途拡大と使用後処理の多様化—
- ・資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック 56 (2003. 9)
—“バイオマス由来”の特性で広がる用途展開—
- ・わが国化学産業の現状と将来への課題 14 (2000. 9)
—企業戦略と研究開発の連繋—

◇自動車・電機・電子・機械

- ・自動車と電機・電子産業の 95 (2008. 4)
新たな企業間関係の構築に向けて
—電機・電子産業からみた自動車の
エレクトロニクス化の商機と課題—
- ・半導体産業の国際競争力回復に向けた方策 90 (2006. 5)
- ・進展するITS(高度道路交通システム)の現状と将来展望 79 (2005. 3)
- ・わが国電気機械産業の課題と展望 42 (2002. 8)
—総合電気機械メーカーの事業再編
と将来展望—
- ・わが国半導体製造装置産業のさらなる発展 23 (2001. 3)
に向けた課題
—内外装置メーカーの競争力比較から—

- ・労働安全対策を巡る環境変化と機械産業 10 (2000. 6)
- ・わが国自動車・部品産業をめぐる国際 9 (2000. 4)
的再編の動向
- ・わが国半導体産業における企業戦略 259 (1999. 8)
—アジア諸国の動向からの考察—
- ・わが国機械産業の更なる発展に向けて 257 (1999. 5)
—工作機械産業の技術シーズからみた将来展望—

◇エネルギー・新エネルギー

- ・分散型電源におけるマイクロガスタービン 24 (2001. 3)
—その現状と課題—

◇運輸・流通

- ・今後の物流ビジネスにおけるモーダルシフトへの動き 88 (2006. 4)
— 鉄道貨物輸送を中心に—
- ・中国国内物流の現状 70 (2004.10)
—進出日系企業の視点から—
- ・地方民鉄の現状 52 (2003. 4)
—輸送密度の相関分析—
- ・物流の新しい動きと今後の課題 25 (2001. 3)
—3PL(サードパーティ・ロジスティクス)からの示唆—
- ・消費の需要動向と供給構造 18 (2000.12)
—小売業の供給行動を中心に—

◇情報・通信・ソフトウェア

- ・RFID(IC タグ)の本格的な普及に向けて 82 (2005. 3)
- ・ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ・ビジネス 54 (2003. 6)
—映像コンテンツ流通を中心に—
- ・ケーブルテレビの現状と課題 22 (2001. 3)
—ブロードバンド時代の位置づけについて—
- ・エレクトロニック・コマース (EC) の 246 (1998. 8)
産業へのインパクトと課題

◇医療・福祉・教育・労働

- ・少子高齢化時代の若年層の人材育成 39 (2002. 7)
—企業外における職業教育機能の充
実に向けて—
- ・労働市場における中高年活性化に向けて 11 (2000. 6)
—求められる再教育機能の充実—
- ・高齢社会の介護サービス 249 (1998. 8)

無断転載・複製を禁止します。本号の内容についてのお問い合わせは、執筆担当者までお願い致します。

なお、当行の Web ページ (<http://www.dbj.go.jp/report/>) では『調査』に関する読者アンケートのフォームを掲載しております。今後の『調査』刊行に際して参考とさせていただきたく、皆様のご感想やご意見などお聞かせ願えれば幸いです。

ISSN 1345-1308

2008 年 4 月 24 日

調 査 第 95 号

編 集 日 本 政 策 投 資 銀 行
調査部長 鍋 山 徹

発 行 日 本 政 策 投 資 銀 行
〒100-0004
東京都千代田区大手町1丁目9番1号
電 話 (03) 3244-1840
(調査部直通問い合わせ先)
e-mail : report@dbj.go.jp
ホームページ <http://www.dbj.go.jp>

(印刷 O T P)