

技術革新が引き起こす競争ルールの変化と戦略の方向性 自動車の電動化・電子化の進展に伴う業界構造の変化



風間智英



鈴木一範



吉村英亮



池幡 諭



守岡太郎



晝間敏慎

CONTENTS

- I パワートレインの電動化の将来展望と業界構造の変化
- II ITの進展による車載エレクトロニクスの業界構造変化と付加価値領域のシフト
- III 電動化・電子化の進展による競争ルールの変化

要 約

- 1 電動パワートレイン市場は、ハイブリッド車中心の市場構成から、今後は多様化していく。欧州自動車メーカーの戦略によって、競争要件が「技術開発力」から、「市場開発スピード」と「競争のルール作り」にシフトしてきており、技術開発に偏重すると技術で勝って事業で負けることになりかねない。
- 2 競争要件の変化が協業関係の変化を生み出している。自動車メーカー間に新たな共同開発体制が生まれ、業界の垣根を越えた関係が構築されている。この協業関係が業界全体の構造変化のきっかけになる可能性があるため、関係構築には深い洞察が必要である。
- 3 車載エレクトロニクス領域では、自動車関連メーカーの得意技術に必ずしも合致しないため、エレクトロニクス・IT企業が続々と参入している。それらの企業は自動車メーカーと直接協業関係を構築し、自動車メーカーの従来の慣習を外れた取引が実現している。
- 4 エレクトロニクス・IT企業が持つ先進的な技術を自動車に取り込むための課題は、民生用に比べて品質保証のレベルを上げることにある。特に日系の自動車メーカーは技術やノウハウを理解するために、エレクトロニクス・IT系技術者層の補強が課題である。
- 5 電動化・電子化による業界構造変化は、時間はかかるものの、最終的にはエレクトロニクス業界のような水平分業化に帰着していく。その際には、自動車の価値創出に占める、自動車メーカー、車載機器メーカー、部材メーカーそれぞれの役割が大きく変化する。
- 6 民生機器の水平分業化の事例から、自動車産業における戦略への示唆は、「最終製品メーカーは半導体や基本ソフトなど開発投資の大きな領域は、専門メーカーを取捨選択できる立場をとるべきであり、これらの内製化や過度なカスタム開発に向けたリソース投入を行うべきではない」ということである。

I パワートレインの電動化の 将来展望と業界構造変化

1 技術競争を背景とした

電動パワートレインの多様化

(1) パワートレイン電動化の背景と種類

自動車業界は、常にエネルギー安全保障問題、CO₂排出量問題、排ガス問題を抱えており、モビリティ社会の持続的な発展のためには、これらの問題に対する解決策が必要である。その有力な手段として、HEV（ハイブリッド車）やEV（電気自動車）などの電動パワートレインが期待されている。電動パワートレインには、ほかにもPHEV（プラグインハイブリッド車）や、近年話題のFCEV（燃料電池自動車）もある。また、野村総合

研究所（NRI）としては電動パワートレインに含めていないが、軽自動車で多く採用されているISS（アイドリングストップシステム）も電動パワートレインの仲間として扱う（表1）。

(2) HEVで先行する日本に対する

欧州系自動車メーカーの戦略

これまでの電動パワートレイン市場の主流はHEVであった。2014年における世界の電動パワートレイン市場は、HEVが約90%（約170万台）を占めており、一方EVは約5%（約10万台）、PHEVは約5%（約9万台）と推計される。このHEV市場では技術的なブレークスルーを起こしたトヨタ自動車が圧倒的なシェアを維持しているが、これはHEV

表1 電動パワートレインの一覧

		小 ← 電動化度 → 大			
システム分類		ISS (アイドリング ストップシステム)	HEV (ハイブリッド車)	PHEV (プラグイン ハイブリッド車)	EV (電気自動車)
各システムの実現機能				外部充電	外部充電
			モーター走行	モーター走行	モーター走行
			パワーアシスト	パワーアシスト	
			減速エネルギー回生	減速エネルギー回生	減速エネルギー回生
		アイドリングストップ	アイドリングストップ	アイドリングストップ	
各システムを搭載した主なモデル	日系	ワゴンR（スズキ自動車） フィット（ホンダ）	プリウス（トヨタ自動車） フィット（ホンダ）	アコード（ホンダ） アウトランダー （三菱自動車工業）	リーフ（日産自動車） アイミーブ （三菱自動車工業）
	米系	アストラ（GM） フィエスタ（フォード）	マリブ（GM） フュージョン（フォード）	ヴォルト（GM） C-MAX Energi（フォード）	モデルS（テスラ） コーダセダン（コーダ）
	欧州系	ゴルフ（フォルクスワーゲン） C3（シトロエン）	S400（ダイムラー） トゥアレグ （フォルクスワーゲン）	A3（アウディ） S500（ダイムラー）	i3（BMW） ゴルフ（フォルクスワーゲン）
	その他	シード（起亜）	ソナタ（現代）	秦（BYD）	荣威（上海汽車）

の開発・生産・販売における企業努力に加えて、主要技術の特許で守っていることが大きな要因である。

欧州系自動車メーカーは、HEVの開発では出遅れ、またトヨタ自動車によってHEV技術が囲い込まれたため、真っ向勝負を避け、ISSとEV・PHEVに注力する戦略をとっている。たとえば、フォルクスワーゲンは燃費規制をクリアするために、普通車から高級車を中心にISSを標準搭載して企業平均燃費の底上げを狙っている。また、ダイムラーはISSの標準搭載を進めつつ、さらに燃費規制に優遇効果のあるPHEVの開発に注力しており、2017年までに10車種の市場投入を計画している。

特に、ISSの普及はHEVの市場拡大を阻害する可能性につながるため、その動向が注目される（図1）。そのホラーシナリオは以下の通りである。——ISSは、数万円程度のコストアップで10%程度の燃費改善が期待でき

る「手軽な低燃費技術」である。そのため、新興国を中心に急速に普及が進み、ISS装備車が一般的な自動車になる。その状況で、新興国でHEVの市場を拡大していこうとしても、「一般車」との性能の差分が小さくなっており、もはや消費者の目にはHEVが魅力的に映らなくなっているのである。

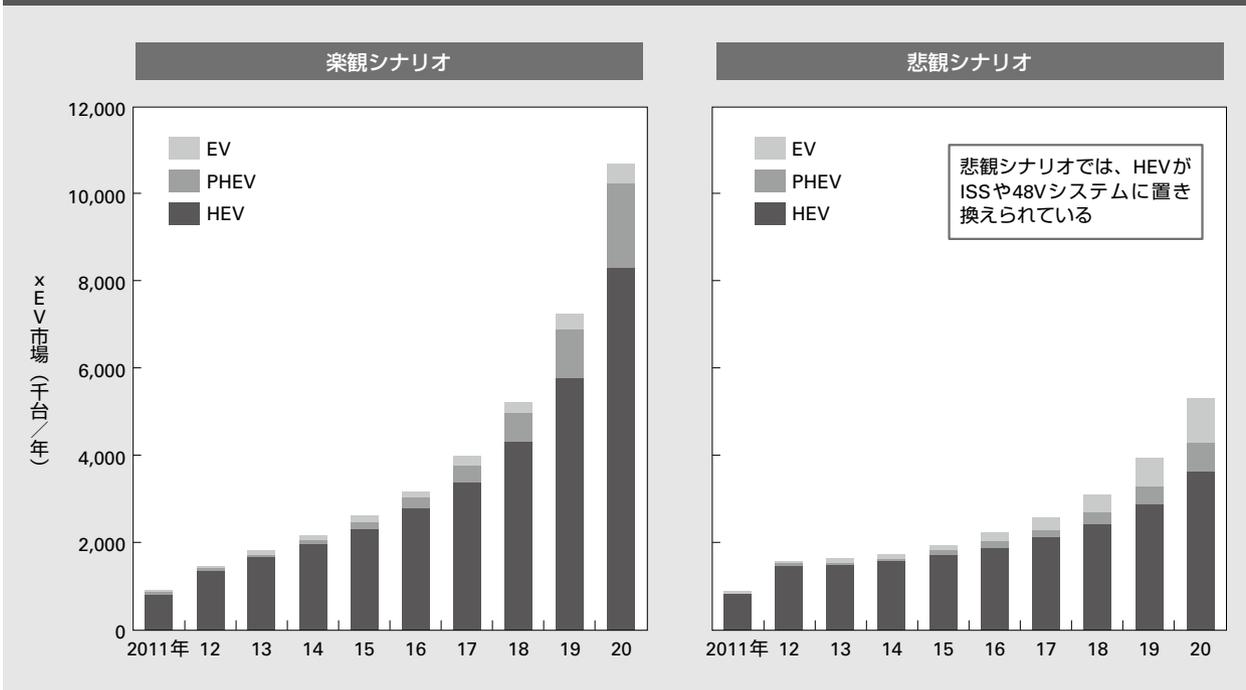
パワートレインの電動化ではHEVの出現により「燃費性能」が競争軸となったが、さらに上記戦略によって「市場開発スピード」が重要な競争軸となってきている。

(3) 欧州系自動車メーカーの戦略を支持する方向への政策変化

近年、欧州系自動車メーカーによる各国政府・業界団体への働き掛けなどにより、電動パワートレイン普及のドライバーである各国の燃費政策が、欧州系自動車メーカーの戦略に合致する方向に変化してきている。

欧州政府は厳しい燃費規制を課している

図1 電動パワートレイン市場の見通し



が、これを緩和し、EV・PHEVの普及を後押しする「スーパークレジット制度」を設定した。この制度は、自動車メーカーが販売した自動車の平均燃費を計算する際に、EVやPHEVについては1台を複数台としてカウントできるようにしたもので、自動車メーカーにとってEVやPHEVを市場投入するインセンティブとなる。つまり、欧州政府は、地場メーカーの産業振興のためにも、欧州系自動車メーカーの戦略を支持する政策を施行している。

中国市場では、現状の平均燃費と将来の燃費基準の乖離が大きく、自動車メーカー各社は低燃費技術を積極的に導入する必要がある。中国はこれまで燃費性能を向上させる打ち手として、DST（ダウンサイジングターボ）化^{注1}に重点を置いてきた。しかし、2020年の燃費基準である5L/100km（20km/L）という高い目標を達成するためには、燃費低減効果のより高い技術を普及させることが必要な状況にある。しかし中国政府は、自国の自動車関連メーカーにとってHEVは技術的に複雑で、かつトヨタ自動車が行っているため、自国が競争優位に立つことは難しいと考えており、事業化のスタートラインに立っているEV・PHEVの導入を促進している。さらに、欧州系自動車メーカーは、コア部品の現地生産や、地場自動車メーカーとの仲間作り、政府に対する働き掛けを進めながら、自社戦略に沿った政策を提案している。前述のDST化もその一例である。

EV・PHEVについて、現在中国ではまだ普及していないが、中国政府は欧州にならってスーパークレジット制度の導入を検討している。この制度によって、メーカー各社はま

すます、HEVから離れてEV・PHEVへ注力していくと予想される。結果として、技術開発の遅れや欧州寄りの政策から、中国は欧州に近い「ISSとEV・PHEV」の市場に向かっていくと予想される。

これらの議論は、技術の「普及」をゴールに設定し、技術開発に限らず総合的な打ち手を計画して、実行していくことが重要であることを示唆している。パワートレインの電動化では、技術開発力だけが競争軸ではなく、政府に働き掛けて規制の方向性を作るような「競争のルール作り」にも注力しなければ、技術で勝って事業で負けることになりかねない。

(4) EV、PHEV、FCEVの普及を阻む

技術・インフラ制約

欧州系自動車メーカーはEV・PHEVを推進しているが、その普及に対しては技術的な障壁もある。電動パワートレインの中で電池はコア技術であり、性能決定要因になると同時にコストでも大きな比率を占める。そのため、電池技術の将来を展望することで、ある程度電動パワートレインの将来を見通すことができる。

EV・PHEV用の電池としてはリチウムイオン電池が採用されている。同電池は継続的にエネルギー密度を向上させてきている。しかし、現状の技術トレンドから想定される2020年のリチウムイオン電池の性能・コストを前提とした場合、ボリュームゾーンをターゲットにできる価格帯で、航続距離の長いEVを実現することは技術的に難しい。また、高容量の電池ができたとしても、充電時間の短縮という次のハードルが待っている。

現在、充電に8時間かかる場合、航続距離を2倍にするために電池容量を2倍に増やすと、充電に12時間以上かかってしまう。よって、高容量の電池開発を進めると同時に、急速充電技術の開発・普及も進める必要があり、一筋縄ではいかない。このような観点から、EV・PHEVは2020年までに広く普及するとは考えにくい。

また、インフラの観点からの制約もある。FCEVは、白金などの希少金属を使うことに伴う車両価格の高さに加えて、水素ステーションの未整備という課題を抱えている。水素ステーションの建設コストは高く、また国の法規制という壁も存在している。結果として、FCEVも2020年までに広く普及するとは考えにくい。

(5) 多様化していく電動パワートレイン

各国の政策と各自動車メーカーの戦略を考慮すると、HEV市場はこれまでのような堅調な拡大は期待できるものの、急激な拡大は想定しにくい。EV・FCEVについては技術的な制約があり、自立的な市場拡大にはつながりにくい反面、政策により創出される市場が拡大する。一方、現在の市場成長に鑑みれば、ISSなどのライトな電動化システムの市場が大きく拡大すると読むのが妥当といえる。

結果として、パワートレインの電動化は今後も進んでいくが、以前のHEVを中心とした電動化ではなく、ISSやEV・PHEVなどの市場が拡大し、多様化していくと考えられる。また電動パワートレインを市場投入する自動車メーカーの顔ぶれも多様化するため、自動車業界全体が電動化の影響を受けること

になる。

2 パワートレインの電動化に伴う協業関係の変化

競争要件の変化は、協業関係の変化を生み出している。パワートレインが電動化することにより、協業関係で次の4つの注目すべき変化が起こっている。

(1) 開発効率の追求のための合従連衡

開発期間の短縮、開発投資の抑制、技術の標準化（競争ルール作り）など、開発効率を追求するために、自動車メーカー間での合従連衡が進んでいる。たとえばHEVではGM、ダイムラー、BMWの3社は、量産効果によるコスト低減と開発費負担の抑制を目的として、大型乗用車用のハイブリッドシステムを共用した。EVでは、プジョー・シトロエンが三菱自動車工業から軽EVであるi-MiEVをOEM調達した。FCEVに関しては、巨額の開発費負担の軽減と燃料インフラの標準化を視野に入れ、自動車メーカー間の提携関係が構築された。具体的にはトヨタ自動車とBMW、日産自動車とダイムラーとフォード、ホンダとGM、という3つの陣営ができた。

(2) コア技術の囲い込み・手の内化

電動パワートレインのコア技術の1つは電池であり、性能・コストの主要因であると同時に、開発投資の大きなアイテムである。その技術を取り込むために、自動車メーカーが「Tier 1」メーカー^{注2}を飛ばして、電池メーカーと直接合弁会社を設立している。たとえばトヨタ自動車とパナソニック、日産自動車とNEC、ホンダとジーエス・ユアサなどが

挙げられる。一方で、主導権を取りたい欧州系Tier 1 メーカーも電池メーカーと合弁会社を設立している。たとえばボッシュとジーエス・ユアサ コーポレーション、コンチネンタルとSKイノベーション（現在は活動していない）がその事例である。

(3) 燃料変更に伴う協業範囲の拡大

EV・PHEVでは充電ステーション、FCEVでは水素ステーションといった燃料供給インフラの整備のために、自動車メーカーは電機業界や電力・ガス業界、流通業界、IT業界など、さまざまな業界に協業関係を広げている。自動車のユーザーは、自動車そのもののデザイン、仕様、価格だけではなく、この協業関係によって提供される「自動車の使用環境」まで含めて評価することになるため、この協業の巧拙は事業の成否を左右する。

(4) 新たなビジネスモデルにおける

取引構造の変化

米ベタープレイスは、自動車業界に携帯電話業界のビジネスモデルを持ち込んだ。同社専用の車両を購入した顧客は、走行距離に応じて月々の使用料を支払う。同社は電池交換ステーションを整備し、ユーザーに対してEVによる移動サービスを提供するビジネスモデルを構築した。すなわちEVメーカーや充電器メーカーの顧客がベタープレイスとなり、顧客接点をサービス事業者であるベタープレイスが握ることになる。残念ながら、同社は2013年に会社の解散と清算を表明したが、非常に革新的なチャレンジャーであった。

また米コーダオートモーティブは、自動車生産のファブレス化の例として興味深い。EVのコア部品であるモーター、インバーター、電池を専門メーカーから調達し、中国の自動車メーカーに生産委託を行うことで、同社はマーケティング、ブランド、販売チャネル機能に特化した。残念ながらこちらも2013年に破産申請を行ったため、現在は存在していないが、後述する水平分業化の最終形に近い事業スキームであった。

以上の協業関係の変化は、「市場開発スピード」と「競争のルール作り」という競争環境の変化に対応すると同時に、電動パワートレインという新たな技術を市場に投入するために、業界の垣根を越えた関係構築が行われた結果である。このような協業関係をデザインするか、いち早く情報を取り入れ、ポジションを確保することが、事業機会を獲得する上で重要である。また、現状では電動パワートレインに関連する範囲での変化ではあるが、これが自動車業界全体の構造変化のきっかけや方向付けになる可能性が十分あるため、関係構築には深い洞察が必要である。

II ITの進展による車載エレクトロニクスの業界構造変化と付加価値領域のシフト

1 加速する自動車のインテリジェント化

自動車のエンジン制御に初めて電子制御技術が導入されてから、30余年の月日が経った今、電子制御の対象はエンジンにとどまらず、変速機やステアリング、エアバッグなど、あらゆるユニットに及んでいる。また、

環境性能や安全性能、快適性能に対する各国政府や消費者からの要求水準の高まりに伴って、電子制御の内容は高度化・複雑化の一途をたどっている。現在の自動車は、多数の電子制御ユニットに大規模なソフトウェアを搭載した、まさに「走るコンピューター」だといえることができる。その究極的な形として、自動走行車両の研究開発動向に注目が集まっていることは周知の事実である。

自動車のインテリジェント化（電子制御の高度化）は、これまで「走る・止まる・曲がる」といった自動車に求められる基本要件において進展した。ところが昨今では、そうした基本要件に加え、「ドライバー自身や自動車の周辺環境をセンシングし」「正しく認識した上で」「適切なアクションを選択する」といった極めて複雑かつ高度な制御が求められている。これらの要件が実現されれば、究極のインテリジェントカーの誕生といえるであろう。

自動走行車両が実用化されるタイミングはまだ先であるが、その要素技術はすでに一定の車種に搭載され始めている。その中でも現在、自動車メーカー各社が重点強化領域として研究開発に取り組んでいるのが、次の3領域である。

(1) ADAS^{注3}（先進運転支援システム）

カメラセンサーやレーダーセンサーなど各種のセンサーデバイスにより、自動車周辺の状況をセンシング・認識し、それをもとにドライバーの安全運転を支援するシステム。代表的なものに、前方の障害物への衝突を回避するフォワードコリジョンワーニングや、車線逸脱を防止するレーンキーピングアシス

ト、高速道路などで前方車両に自動的に追従するアクティブクルーズコントロールなどが挙げられる。

(2) シームレスコネクティビティ

スマートフォンが人々の生活に浸透したことで、自動車の中でもインターネットやスマートフォンのアプリケーションを使いたい、楽しみたいというニーズが高まっている。この要望に応えるべく、自動車メーカーは、車載端末とドライバーのスマートフォンを接続し、車載端末からアプリケーションを操作・利用できる商品や、自動車メーカーが提供するインターネットサービスを車載端末から楽しめる商品などを市場に投入し始めている。

(3) 次世代HMI

（ヒューマンマシンインターフェース）

従来のHMIに比べて、「安全性」と「先進性」をより高める目的で、HMIは進化を遂げている。具体的には、音声入力やタッチパネルなどが操作系として搭載され始めていることに加えて、表示系には、車両情報をドライバーの前方に表示するヘッドアップディスプレイが搭載され始めている。

今後のインテリジェント化をけん引するこれら3領域に求められる技術は、従来の自動車メーカーや部品メーカーが得意とする技術領域に必ずしもとどまらない。むしろこれまでにない領域から技術を取り入れる必要があると考えられる。

以降、この3領域で顕在化しつつある他業界からの参入事例を概観した上で、自動車業界の既存事業者に加え、新規参入事業者に求

められる戦略の方向性について述べる。

2 自動車産業の構造変化

(1) 黒船襲来 「グーグル vs アップル」

グーグルの 안드로이드 OS (オペレーティングシステム) とアップルの iOS は、これまでスマートフォン向けの OS で熾烈なシェア争いを繰り広げてきた。現在では両者の OS が搭載されたスマートフォンが市場の大半を占める状況にある。

このスマートフォン OS の 2 大巨人が、自動車の IVI^{※4} (車載インフォテインメント) システムの OS 開発に参入した。グーグルは 2014 年 1 月にホンダやアウディなど自動車メーカー 4 社のほか、半導体メーカーである米 NVIDIA を加えた計 6 社で「オープンオート

モーティブアライアンス (OAA)」という IVI システム向け OS の標準化コンソーシアムを結成した。一方のアップルもグーグルに先駆けて、「iOS in the Car」という IVI システム向け OS を、複数の自動車メーカーとパートナーシップを結び開発している。

グーグルとアップルの自動車業界への参入は非常にシンボリックであり、その企業連携は競争ルールの変更を予感させるため、注目された。ただこれはエレクトロニクス・IT 企業の参入事例の一部に過ぎず、前述の 3 領域では、続々と新規参入が起こっている。

(2) 新規参入者が変える既存の産業構造

表 2 は、各領域に新規参入した代表的な企業をまとめたものである。

表2 各領域に新規参入した企業例とその特徴

		主な新規参入企業	業種	特徴
1	ADAS	NVIDIA (米)	半導体	<ul style="list-style-type: none"> グラフィックス系の半導体メーカー。同社のプロセッサはゲーム機やスマートフォンなどの民生機器に加え、スーパーコンピューターなどの産業機器にも採用されている 同社の強みは、並列処理能力の高さ、高精細なグラフィックスの実現能力 車載向けでは、「テグラ」シリーズを投入しており、ハードウェアの提供だけでなくソフトウェア開発環境の提供、開発サポートにも力を入れている
2	シームレスコネクティビティ	グーグル (米)	IT	<ul style="list-style-type: none"> 2014年1月に自動車メーカー4社+半導体メーカー1社とオープンオートモーティブアライアンス(OAA)を組成。アンドロイド端末との接続性の向上と、車載端末における同OSの普及を通じて、より安全でより快適な車内環境の実現を目指す
		アップル (米)	民生機器	<ul style="list-style-type: none"> 2013年6月のWWDC (World Wide Developer's Conference) で、アキュラやシボレー、フェラーリ、ジャガー、ホンダなど多数の自動車メーカーを開発パートナーとする、「iOS in the Car」を発表。Siriによるハンドレスコールや、ナビゲーション、iメールの音読や送信ができる機能などを提供予定
3	次世代ヒューマンマシンインターフェース	【操作系】 ニュアンス・コミュニケーションズ (米)	ソフトウェア開発 (音声認識)	<ul style="list-style-type: none"> 医療機関や金融機関、自動車のHMIなど幅広い業界に音声認識・音声入力ソフトウェアを提供する、当領域の最大手ソフトウェア会社 既に7,000万台の車、5,000万台のポータブルナビゲーションシステムに同社のソフトウェアが搭載されている
		【表示系】 NVIDIA (米)	半導体	<ul style="list-style-type: none"> 前述の通り、同社の卓越したグラフィック性能と、ソフトウェア開発サポート力を武器に、欧米系自動車メーカーを中心に受注が拡大している

表3 開発連携における、自動車メーカー、Tier1、半導体メーカーの役割 (例)

下記は、自動車メーカーが半導体メーカーと直接開発連携をしたい、と考えているユニット (たとえばADASやIVIなど) における、開発の役割分担

	自動車メーカーの役割	Tier1の役割	Tier2 (半導体メーカー) の役割
研究フェーズ	<ul style="list-style-type: none"> 将来的にどのような機能のユニットを作りたいか、という商品コンセプト・商品企画の初期案の提示、議論を通して確定 半導体メーカーに自分たちの要求水準 (品質など) を伝える 	<ul style="list-style-type: none"> このタイミングでの関与度は低いが、最終的に自動車メーカーが求めるユニットに仕上げるべく、プロジェクトに参画 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカーのニーズを満たす上で、活用可能な技術や実現可能性・時期などの情報を自動車メーカーに共有 双方で実現可能性について意見交換を実施
開発フェーズ	<ul style="list-style-type: none"> 半導体メーカーから提供される試作品が自分たちの求めるものかどうか、評価する 	<ul style="list-style-type: none"> アプリケーション先行開発、量産開発のプラン作りの際には参画 自動車メーカーと半導体メーカーが開発したものを、電子制御ユニットとして車両に搭載できる形で実現する役割を担う 	<ul style="list-style-type: none"> 確定したコンセプト・企画案をもとに、試作品の開発を実施 (チップのみならず、ボードベースの試作品 (≒アプリケーション) + ソフトウェア開発サポートを実施するケースもある)
	<ul style="list-style-type: none"> Tier1のユニット開発を監理 車両適合開発の実施 	<ul style="list-style-type: none"> プランに則り、アプリケーションの量産設計・車両適合などを実施 チップについては、連携している半導体メーカーのチップを使用 	<ul style="list-style-type: none"> 半導体の量産設計を実施

出所) 各社に対するインタビュー、各社の公開情報より作成

通常は自動車メーカーと直接取引しているTier 1メーカーが開発を取りまとめるため、新規参入者はTier 1メーカーと開発連携を行うことになる。しかし、表2における新規参入者はTier 1メーカーだけでなく、自動車メーカーとも開発体制を構築できている (表3)。自動車メーカーは、自前の開発リソースだけでは、質的にも量的にもこの領域の早い技術進歩についていけないため、新規参入者の開発リソースを使わざるを得ないのである。新規参入者にとっては、自動車メーカーと直接取引することはもちろん歓迎である。こういったWin-Winの関係から、シリコンバレーをはじめとする米国系エレクトロニクス・IT企業と欧米系自動車メーカーとの間で、数多くの開発連携が行われている。中には、相互に技術者を派遣しているケースもある。

このように、車載エレクトロニクスの領域では、自動車産業に対する新規参入者が、Tier 1メーカーをスキップして直接自動車メーカーと協業しており、自動車メーカーを頂点とする既存の「ピラミッド型取引構造」を壊し始めているのである。

3 エレクトロニクス・IT開発における成功要件と自動車産業の課題

(1) IT開発における成功要件

欧米系自動車メーカーの中には、異業種であるエレクトロニクス・IT企業とうまく協業することで、先進的なテクノロジーを自動車に取り込むことに成功している企業もある。

たとえば、アウディは半導体メーカーの米NVIDIAと緊密な関係を築いており、先行開発段階から深く協業することで、NVIDIAの技術を活かした省電力チップを車載端末にいち早く採用できている。

両社の開発は当初、いわゆるカーナビゲーション周りの「IVIユニット」で実施されていた。その後、開発領域を拡大し、IVIを含む「コックピットモジュール」において、スピードメーターなどの表示部分をすべて液晶に置き換えたシステムなどを開発した。現在では、自動運転システムの開発に踏み込んでいる。

PCやスマートフォンなどの民生機器で培ったエレクトロニクス技術を自動車に応用するには、品質保証の高レベル化が課題である。両社の開発は、要求される保証水準が低いIVIユニットから、保証水準の高い領域へと時間をかけてシフトしてきている。

PCやスマートフォンで培われた高い演算処理能力や、共通化によってもたらされるチップの量産効果、開発効率向上による低コスト化だけでなく、自動車に求められる高い水準の品質保証を両立させながら、自動車内での協業の成果の適用範囲を拡大していくと推察される。

(2) IT開発における日本の自動車産業の現状と課題

一方、日本の自動車産業を振り返ると、以下の課題を抱えており、自動車メーカーとエレクトロニクス・IT企業との協業阻害要因となっている。

①自動車メーカーにおける課題

日本では長年にわたり、自動車産業は機械系の技術者にとっての花形産業であった。自然に、優秀な機械系の技術者が多く集まり、その中から次世代の首脳陣が生み出されてきた。一方、自動車エレクトロニクス分野は歴史が比較的浅いため、自動車メーカー内のエレクトロニクス・IT系の技術者は、機械系の技術者に比べて発言力が小さくなりがちといわれている。近年、自動車エレクトロニクスの重要性が急激に高まったため、もともと薄かったエレクトロニクス・IT系の人材は不足しており、社外のエレクトロニクス・IT企業としっかり協業していくための人材を揃えきれていない。このように、協業する土壌が整っていないために、結果として機械系技術者の理屈を押し付けがちになり、エレクトロニクス・IT企業が持つ技術を取り込む上での障害となっている。

②エレクトロニクス・IT企業における課題

日本の自動車産業は裾野が広い巨大なピラミッド構造であり、主要自動車メーカーを頂点とした系列を構築、維持してきた。しかし、欧米系自動車メーカーとのグローバルな競争が激しさを増す中で、部品メーカーは規模の経済をより追求する必要がある。このため、部品メーカーはメーカー系列にこだわらない取引関係の構築を目指しているが、依然として、日本旧来の商慣習の影響から抜け出しきれないでいる。このピラミッド構造においては、製品企画や技術採否の決定面でも自動車メーカーの力が圧倒的に強いため、取引先企業はその意向を受けて開発を行ってきた。いわゆる「御用聞き」の姿勢を長年とつ

てきたために、自動車メーカーの想定を超える新しい提案を積極的に行う素地が培われていない。

第Ⅲ章では、プラットフォーム型の事業を展開するIT産業や、自動車よりも一桁大きい数量でない利益を生み出せないエレクトロニクス産業と自動車産業との違いを、自動車メーカー側がどのように理解し、協調・活用することで、競争力を高めていくべきかを考察する。

Ⅲ 電動化・電子化の進展による競争ルールの変化

1 3段階の水平分業化プロセス

自動車業界では、自動車メーカーを頂点に系列が構築され、垂直統合型の業界構造が作られてきた。しかし、電動化・電子化の加速により、長年かけて築き上げてきた業界構造が崩れ、水平分業化が進行する可能性がある

る。

野村総合研究所（NRI）ではこれを検証するため、コンピューター業界、携帯電話業界、時計業界を取り上げ、水平分業化の移行プロセスを分析した。この移行プロセスは表2のように3段階にまとめることができる（表4）。

(1) 第1段階：水平分業のトリガー

新製品の登場をきっかけに、製品の差別化要因が変化する。たとえば、コンピューター業界では、PCの登場により、アプリケーションの豊富さが新たな差別化要因となった。差別化要因が変わると、業界のリーダーはそれまでの自前主義的な開発では、競争力を維持することが難しくなるため、技術のオープン化に踏み切り、コア部品の外部調達が進められる。

(2) 第2段階：水平分業の拡大

專業部品メーカーによるコア部品の規格

表4 水平分業化の移行プロセス

	①コンピューター	②携帯電話	③時計	各段階の特徴
第1段階 水平分業のトリガー	<ul style="list-style-type: none"> PCが登場し、アプリケーションの豊富さが差別化要因になる →IBMがソースコードをオープン化 	<ul style="list-style-type: none"> 1Gから2Gに進化し、通信がデジタル化 →ブランドメーカーが通信チップを外注化 	<ul style="list-style-type: none"> セイコーが世界初のクォーツ時計を開発 →新技術普及のコストを抑えるため、特許をオープン化 	<ul style="list-style-type: none"> 水平分業に向けたトリガーが引かれる段階であり、新製品の登場による差別化要因の変化、技術のオープン化、コア部品の外注化が起こる
第2段階 水平分業の拡大	<ul style="list-style-type: none"> マイクロソフトがGUI OS戦略を推進 ・インテルがチップセット戦略を推進 	<ul style="list-style-type: none"> ブランドメーカーが、ASICチップセット（重要部品とアプリケーションを統合）の採用を推進 	<ul style="list-style-type: none"> シチズンが、クォーツの標準ムーブメントの外販を推進 	<ul style="list-style-type: none"> 水平分業が拡大される段階であり、專業メーカーによるコア部品の標準化、主導権の獲得が促進される
第3段階 水平分業の浸透	<ul style="list-style-type: none"> デルなどが新規参入 →大手PCメーカーも、標準部品の利用、ODM開発・生産の利用を拡大 	<ul style="list-style-type: none"> アップル、レノボなどが新規参入 →ブランドメーカーも、標準OSの採用、ODM/EMS生産を開始 	<ul style="list-style-type: none"> 新興系、異業種系が新規参入 →スイス系メーカーも、標準ムーブメントの生産委託を利用拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 水平分業が浸透する段階であり、コア部品が標準化され、他業界からの新規参入が活発化する

注) EMS：電子機器の受託生産サービス、ODM：委託者のグラウンドでの製品設計および生産出所) 野村総合研究所による分析

化・標準化が促進される。この過程を通じて、専業部品メーカーはコア部品の技術開発や販売における業界内での主導権を獲得する。

(3) 第3段階：水平分業の浸透

コア部品の規格化・標準化が浸透し、他業界からの新規参入が活発化する。この頃になると、コスト競争が熾烈化を極め、既存メーカーもコア部品をほぼ完全に外部調達せざるを得ない状態になる。

2 パワートレインの電動化に伴う水平分業化と役割分担の変化

従来、エンジンに対して周辺の部品やシステムが設計を合わせ込む「すり合わせ」が行われているため、パワートレインの領域は水平分業が起きにくい。反対に捉えれば、EVやFCEVのようにエンジンがなくなり、100%電気駆動に移行した場合には水平分業化が大きく進む。よってパワートレインの電動化による水平分業化の進行は、EVやFCEVの市場シェアに依存する。これらの自動車の本格的な市場拡大は、早くとも2020年以降と見られるため、中長期的な観点で水平分業化への対応策を検討していくべきである。

EV・FCEV市場で起こりつつある事象を見ると、水平分業化の第1段階の終わりにさしかかっており、「水平分業化の3つのトリガー」が引かれつつある。

(1) 電動パワートレインの登場による差別化要因の変化 (第1のトリガー)

ゼロエミッション^{注5}が価値を持つ市場が、限定的に創出されつつあり、そのような市場では自動車の差別化要因が変化している。た

とえば米国のZEV規制や、中国などの新興国の都市部の大気汚染地域に対する規制がEV、PHEV、FCEVの市場を創出している。

たとえばEVで考えると、加速性や操縦安定性といった従来の要件も重要であるが、差別化要因は航続距離である。また、価格競争力の視点では電池コストの低減が最重要である。これらの差別化要因の変化を背景として電池技術の確保が課題となる。

(2) 自動車技術のオープン化 (第2のトリガー)

電池技術を獲得するために、自動車メーカーは電池メーカーと合弁会社を設立し、電池制御をはじめとする必要なノウハウを共同開発している。この共同開発で電池メーカーは自動車開発上のさまざまな条件を入手できる機会を得た。ただし実際は電池開発の主導権は自動車メーカーが担保していると推察される。

またオープン化という点では、2015年にトヨタ自動車がFCEVに関連する5680余件の特許を公開した。もし既存のエンジン車がFCEVに置き換わっていくのであれば、水平分業のトリガーを引いた歴史的な事象となるであろう。

(3) 電動パワートレインにおけるコア部品の外部調達 (第3のトリガー)

電池の外部調達は、既に始まっている。いまだに合弁企業からの調達が主流ではあるが、一部ではセカンドサプライヤーからの調達が始まっており、今後はその比率が増加していく傾向にある。

たとえば、韓国の電池メーカーであるLG

化学は、魅力的な値付けで複数の自動車メーカーから受注を獲得する一方、積極的な設備投資によりコスト競争力を確保する「コストリーダーシップ戦略」を採用、着々と準備を進めている。日系の電池メーカーはこのような戦略をとることができず、既に携帯機器用の電池市場で韓国メーカーに先行を許したという前例があり、対応策が必要である。

(4) 水平分業化の進行に伴う役割分担の変化

これまで自動車メーカーは、マーケティング、デザイン、アーキテクチャー設計、車両の量産といった自動車ビジネスにおける中核的な機能を独占的に担ってきた。しかし、パワートレインの電動化をきっかけとした水平分業化の進行により、これらの機能が徐々に外部に切り出される。

機能が切り出される先として、次の2つが考えられる。1つは、専門部品メーカーである。水平分業化が第2段階まで進むと、複数顧客との取引を通じてノウハウを蓄積した専門部品メーカーが業界内支配力を強め、それまで自動車メーカーが担ってきた機能の代替を狙い始める。

もう1つは、他業界からの新規参入者である。水平分業化が第3段階まで進むと、規格化・標準化が業界内に浸透し、自動車業界への参入障壁が下がるため、他業界からの新規参入が活発化し、専門部品メーカーと同様、自動車メーカーが担ってきた機能の代替を狙い始める。

業界内でのイニシアチブを握るためには、手の内に置くべき機能、外部に置いて選択的に利用すべき機能を正しく見極めることが重要である。

3 電子化の進展に伴う 水平分業化と役割

日米欧など主要な需要地では、大手自動車メーカーを顧客とするボッシュ、コンチネンタル、デンソー、ハーマンインターナショナルなどの大手車載エレクトロニクスメーカーが君臨してきた。

今後の自動車産業はエレクトロニクス専門メーカーが蓄積してきたノウハウを取り込み、迅速な技術開発を実行するために、PCや携帯電話、テレビといった黒物家電が経験したような水平分業化に踏み出そうとしている。

民生機器において水平分業化が進展した背景には、極端に早い技術変化を求める市場ニーズへの対応があった。たとえばPC・携帯電話業界では、大きな投資と長い開発期間が必要な半導体・ソフトウェアなどのコア技術を民生機器メーカー間で共用化してきた。すなわち、業界としてのコア技術の開発リソースをインテルやクアルコムといったアーキテクチャー決定者²⁶⁾に集約することで、開発スピードの向上と低コスト化を実現してきたのである。

第Ⅱ章で取り上げた車載エレクトロニクス産業（自動車のコネクテッド化とこれを主に受け持つIVI・HMI、自動運転を視野に入れた高度運転支援システム）は、民生機器のケースと同様に、市場から急激な技術進化を求められる電気・電子技術である。水平分業化による開発スピードの向上と低コスト化というメリットを享受するため、水平分業化に向けた取り組みが進展すると考えられる。

業界構造が水平分業化していく中で、特に車載エレクトロニクス産業では、表5に示す

表5 車載エレクトロニクス産業における役割変化の可能性

	従来の役割	新たな役割①	新たな役割②	企業例
自動車メーカー	非エレクトロニクス領域での価値を創出し、車載エレクトロニクスは車載機器メーカーの提供品を選択・調達	従来同様 (車載機器メーカーの価値が増大)	アーキテクチャーをベースに機器を企画・開発	トヨタ自動車、フォルクスワーゲン、GMなど
車載機器メーカー	自動車メーカーが欲する車載機器を開発し、供給	独自のアーキテクチャーを確立し、車載エレクトロニクスが実現する価値・機能を、複数の車載機器の連携を含め、一括で提供	アーキテクチャーに従い自動車メーカーのニーズに応じて機器を組み立て	デンソー、ボッシュ、アイシンなど
部材メーカー	車載機器メーカーが求める部材を開発し供給	従来同様 (独自性は低下)	アーキテクチャーに従った部材を提供	ルネサス エレクトロニクス、フリースケール・セミコンダクタ、インフィニオン テクノロジーズなど
アーキテクチャー決定者	— (存在しない)	— (部材(ソフト含む)メーカーとして存在)	ADAS、電子コックピットなど主要エレクトロニクスのアーキテクチャーや主要ソフトモジュールなどを提供し、主要部材メーカー、組み立てメーカーを選定	グーグル、NVIDIA、Mobileyeなど

※新たな役割①：従来の役割の延長線にあるメガTier1メーカーの役割が拡大する方向性で発展した場合に想定される役割
 ※新たな役割②：水平分業化の結果、ITベンダーと自動車メーカーが直接連携する形態に発展した場合に想定される役割

ような、自動車メーカー、車載機器メーカー、部材メーカーの役割変化が訪れる可能性がある。

「水平分業化による新たな役割分担の中でどこを担うのか」というポジション争いに向けて、前述したように、欧米系の主要Tier1メーカーの統合・連携や、シリコンバレー系ITベンダーと欧米系自動車メーカーとの連携の動きが強まっている。

車載エレクトロニクス機器の場合、民生機器に比べて高い安全性・信頼性が要求されるが、その最終責任を負うのは、今のところ自動車メーカーであると考えられる。当該分野で大きな価値の実現を目指しているボッシュ、コンチネンタル、デンソーなどのTier1メーカーも、水平分業化により新たに参入し

てくるアーキテクチャー決定者（NVIDIA、グーグルなど）も、この最終責任を負うつもりはほとんどないと思われる。

PCや携帯電話で求められる安全性・信頼性は、自動車と比較して低いので、結果的に半導体メーカーやOSメーカーなどアーキテクチャー決定者が価値の大半を寡占する状況となっている。しかし自動車では高い安全性と信頼性が要求されるため、アーキテクチャー決定者と自動車メーカーが価値を分け合い、共存する状態を目指すものと予想される。

自動車メーカーに加えて、誰が今後の車載エレクトロニクス市場のけん引役を担うのか。Tier1メーカーであるか、アーキテクチャー決定者であるか、現段階では見通すこと

が難しい。IVI・HMIなどはコネクテッド分野、高度運転支援分野であるが、それぞれの分野で市場のけん引役が異なる可能性もある。

4 業界構造変化の中での

目指すべき戦略・強化の方向性

電動化・電子化の進展により、自動車業界にエレクトロニクス業界の論理が持ち込まれており、業界構造も水平分業化していく。その中で、競争ルールにもまたエレクトロニクス業界の論理が持ち込まれると考えるのは妥当である。

エレクトロニクス業界の競争ルールで、自動車業界が着目しなくてはならないポイントは、「最終製品メーカーは半導体や基本ソフトなど開発投資の大きな領域では、専門部品メーカーを取捨選択できる立場をとるべきであり、これらの内製化や過度なカスタム開発に向けたリソース投下を行うべきではない」ということである。

電動パワートレインに当てはめると、開発投資の大きなコア技術は電池である。自動車メーカーやTier 1メーカーが、電池メーカーを取捨選択できる立場をとるために、電池マネジメント技術の確保を目的として、電池メーカーと合弁企業を設立してきたのは理にかなっている。技術をほぼ習得できた自動車メーカーやTier 1メーカーは、合弁企業以外の電池メーカーをセカンドサプライヤー化するためのアーキテクチャー設計が必要である。一方、特に日系の電池メーカーは合弁企業設立の先に、相手先をレバレッジにしながら「大型量産メーカー」を追求するのか、「電池研究開発メーカー」を追求するのかを腹決め

しなければならない。

また電動パワートレインを制御するソフトウェアもコア技術といえる。たとえばHEVでは運転状況に応じて最適なパワー配分を決定する「ハイブリッドコントローラー」がカギとなるソフトウェアであるが、現在のところ、自動車メーカーが内製している。Tier 1メーカーの中でも、欧州系のボッシュやコンチネンタルは技術を保有していると思われるが、アーキテクチャー決定者のポジションを狙うには、車両制御技術の開発を強化すべきであると思われる。

車載エレクトロニクスに関していえば、取捨選択すべき専門部品メーカーの技術・製品をきちんと理解・評価し、低コスト化および開発スピードの両立をマネジメントできる人材の拡充が必要である。

また車載エレクトロニクスでは、利用できる状況認識ソフト、制御ソフトなどのソフトウェア領域や、運転者などの使い勝手を決定するヒューマンインターフェース（HMI）の設定・調整が、いかなる場合でも大きな価値を持つ領域になる。同領域について、現段階では自動車メーカー、Tier 1メーカー、アーキテクチャー決定者のいずれも強化を図っている。よって、短期的にいずれかのメーカーが圧倒的なポジションを確立するとは考えにくい。自動運転車が普及する時代には、水平分業化が完了し、寡占市場となっているはずである。

いずれにせよ電動パワートレインおよび車載エレクトロニクスにおいては、中長期的な視点で、水平分業化への対応とソフトウェア領域での価値の実現に向けた取り組みを強化・推進すべきである。

また、今後は、誰に何をどうやって提供するかだけでなく、たとえば「業界・技術のアーキテクチャー設計機能」や「大規模生産機能」など、「業界内で担う機能のポジショニング」を常に念頭に置いた戦略策定が肝要となる。

注

- 1 低燃費化のためにエンジン排気量を小型化し、それによる出力不足をターボで補う技術
- 2 自動車メーカーに直接システムや部品を納入するサプライヤーのこと。たとえばデンソー、ボッシュ、コンチネンタルなどの企業が該当する
- 3 Advanced Driver Assist Systemの略
- 4 In-Vehicle Infotainmentの略
- 5 ゼロエミッションに近い自動車も含む
- 6 エレクトロニクス機器の周辺電子回路との連携における互換性を担保する「電子回路システムアーキテクチャー」と、アプリケーションソフトウェアの互換性を担保する「ソフトウェアアーキテクチャー」を決定するプレイヤーのこと。たとえばパソコンにおけるインテル・マイクロソフト、携帯電話におけるクアルコム・グーグル（アンドロイド）など

著者

風間智英（かざまともひで）
グローバル製造業コンサルティング部グループ・マネジャー上席コンサルタント
専門は自動車、電池、材料業界を中心とした事業戦略、テクノロジーマーケティング、新興国におけるルールメイク戦略

鈴木一範（すずきかずのり）
グローバル製造業コンサルティング部上級コンサルタント
専門は、自動車業界を中心とした製造業の事業戦略立案、省エネルギー対策、海外進出支援

吉村英亮（よしむらえいすけ）
グローバル製造業コンサルティング部主任コンサルタント
専門は自動車業界・医療機器業界を中心とした製造業の事業戦略、新規事業戦略の策定支援

池幡 諭（いけはたさとし）
グローバル製造業コンサルティング部主任コンサルタント
専門は、自動車メーカーとのEEアーキテクチャ検討支援、電子制御領域における開発改革支援、異業種との開発連携支援、ユニット戦略立案、アセスメント調査など

守岡太郎（もりおかたろう）
グローバル製造業コンサルティング部主任コンサルタント
専門は自動車産業・情報通信産業を中心とした事業戦略、サービス開発、技術調査

晝間敏慎（ひるまとしみつ）
グローバル製造業コンサルティング部グループ・マネジャー上級コンサルタント
専門は半導体・電子部品・組込ソフト・ICTサービスなどを含むエレクトロニクス・ICT全般。近年は産業用・車載用エレクトロニクス分野