

製品アーキテクチャから見たカーエレクトロニクス産業の事例研究

—電子制御システムを中心に—

廣瀬 文彦*

Case studies of car electronics industry from the view of product architecture

—Analysis of electronic control system—

Fumihiko Hirose*

要 約

本稿は製品アーキテクチャの視点から、電子制御システムを中心とする日本のカーエレクトロニクス産業の事例を研究することを目的としている。研究事例として、カーエレクトロニクス5社にインタビューを実施し、電子制御システムを中心に26製品のアーキテクチャの状況を明らかにした他、製品アーキテクチャを定量的に測定するため、製品アーキテクチャ度調査も合わせて実施した。研究結果として、日本の従来の機械系部品産業の競争優位の源泉であった内インテグラル・外インテグラルの製品アーキテクチャはカーエレクトロニクス産業の一部で存在するものの、トランスミッションやエンジン等の機械系部品の電子制御を背景に、電子制御システムを起点とした、内モジュラー・外インテグラルの製品アーキテクチャが確認された。これは、モジュラー製品であるマイコンの電子制御システムへの組み込みと、電子制御システム開発の標準化が主な要因である。加えて、従来内インテグラル・外インテグラルであった製品が、電子制御システムとの連携によって、内インテグラル・外モジュラーの製品アーキテクチャの位置取り戦略を推進している事例等も確認できた。

* 早稲田大学大学院アジア太平洋研究科博士後期課程：Graduate School of Asia-Pacific Studies, Waseda University, Doctoral Degree Program

はじめに

本稿は、製品アーキテクチャの視点から、電子制御システムを中心とするカーエレクトロニクス産業の状況を明らかにすることを目的としている。本稿では特に電子制御システム事業を営む企業への、製品アーキテクチャ度調査を含むインタビュー事例研究を中心に記載する。

1990年代以降、国内自動車産業では、マイコン等の車載半導体を組み込んだ電子制御システムの自動車への搭載の増加により、自動車および自動車部品産業のエレクトロニクス化が進展してきた。それに伴い、筆者はここ数年、製品アーキテクチャの視点から、日本のカーエレクトロニクス産業と、従来の機械系自動車部品産業の類似点と相違点を探る比較研究を続けてきた。インタビューだけでは、日本のカーエレクトロニクス産業のものづくりの特徴を総合的に説明することは難しいが、少なくとも本研究により、カーエレクトロニクスの中核を構成する日本の電子制御システム企業の製品アーキテクチャの特徴を明らかにし、エレクトロニクス化が進む日本の自動車部品産業が取るべき針路について一つの示唆を提供することは可能と考える。

本稿の構成は以下の通りである。この研究が行われる背景と製品アーキテクチャの先行研究の分析を行った上で、本研究の狙いを設定する。次に、電子制御システムの製品アーキテクチャの状況を把握し、日本の自動車部品産業のものづくりがエレクトロニクスの進展を受けて、どのように変化しているかを考察する。次に、クラリオン、トランスロン、富士通テン、アイシン・エイ・ダブリュ（以下アイシンAW）、オムロンオートモーティブエレクトロニクス（以下OAE）の5社の事例を紹介する。最後に研究の限界と今後の課題を記載する。

本稿で取り上げたデータは、2011年9月～12月の間に実施されたインタビュー（クラリオン、トランスロン、富士通テン、アイシンAW、OAE）、2012年3月～4月に実施されたインタビュー（トランスロン、富士通テン）により収集された。

1. 研究背景、先行研究と研究課題

(1) 研究背景

近年、センサ・アクチュエータ・電子制御システムに代表されるように、自動車産業のエレクトロニクス化が進展してきた。日本では特に1990年代以降、マイコン等の車載半導体の技術革新を背景に、車載半導体を組み込んだ電子制御システムの自動車への採用が進展した。2015年には、製造コストに占める電子部品の割合は40%を超えると予測されており（ローランド・ベルガー オートモーティブ・コンピタンス・センター 2005, pp.120-121）、トヨタが開発したハイブリット車（以下HV）であるプリウスは既に65%を超えていると言われている（新 2006, pp.10-11）。

このように従来のガソリン車からHV・電気自動車（以下EV）に至るまで、自動車の居住性、快適性、安全性、経済効率性を高めるため、電動シート、電動ミラー、電動パワーステアリング、エンジン制御、アンチロックブレーキシステム（以下ABS）など電子制御による様々な機能が自動車に採用されている。

製品アーキテクチャに関しては第2節に記載するが、上記の機能を実現する電子制御システムでは、自動車部品のモジュラー化とAUTOSARに代表される標準化活動が進んでいる（徳田 2008, pp.131-141）。日本の自動車産業および系列を軸とする部品産業は、これまで最適な機能の

実現するために、カスタム設計された部品を現場で相互に調整する擦り合わせ型ものづくりと、それを支える組織能力を競争力の源泉としてきた。それは、製品アーキテクチャの位置取り戦略としては、自社と顧客が各々のものづくりの過程でカスタム設計部品を現場で調整する内インテグラル・外インテグラルのものづくりを志向することである。そして、自動車のエレクトロニクス化による製品アーキテクチャの変化は、日本の自動車部品産業と自動車完成品メーカーの製品アーキテクチャの関係にも大きく影響を与えていると考えられる。本稿では、このような動きを、製品アーキテクチャの視点から検討し、エレクトロニクス化によって変化している日本の自動車産業の構造を明確化する。

(2) 先行研究のレビューと研究の狙い

Clark (1985) や Hayes and Clark (1988) の研究において、製品工程上の概念であるものの、「製品アーキテクチャ」という表現がみられる。また、Alexander (1964) の研究のように、製品の構成要素を機能単位に分化することに利点を見出す研究も早くから存在した。しかし、これらの研究は製品や工程の構造に関する記述に留まり、企業組織や産業構造への製品アーキテクチャの影響までは言及されていない。

Henderson and Clark (1990) の研究において、製品や構造に関する記述のみならず、初めて企業組織や産業構造等の経済活動へのインパクトを明示した。その後、Ulrich (1995)、Morris and Ferguson (1993)、Ulrich and Eppinger (1998)、Fine (1998)、青島 (1998)、藤本 (1998、2001)、国領 (1999)、青木・安藤 (2002) 等の研究において、製品アーキテクチャは精緻化され、製品の内部構造としてのインテグラル型かモジュラー型か、インターフェイスの開放度に応じてクロード型かオープン型かという評価軸が明示された。しかしこれらの研究は、基本的な定義、類型基準を明示したものの、特定の企業組織や産業構造への適用状況までは言及されていない。

製品アーキテクチャの特定の産業への適用状況を初めて明示したのが、藤本を中心とする研究者達(藤本・安本 2000、藤本 2001、藤本・東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター編 2007) である。藤本らは、自動車を中心とする日本のものづくりにおける製品アーキテクチャの産業分析を実施し、インテグラルアーキテクチャを巧みに実現するだけの組織能力を獲得していれば、インテグラル型製品の産業で十分な国際競争力を持つと主張した。加えて大鹿・藤本 (2006) は、自動車部品産業を中心に製品アーキテクチャの類型 (インテグラル/モジュラー) を定量化した。これらの研究は自動車の産業構造を、製品アーキテクチャを用いて分析したことに加え、製品アーキテクチャの定量化も行ったが、研究の対象は機械系自動車部品メーカーと自動車完成品メーカーの関係に留まり、カーエレクトロニクス産業への製品アーキテクチャのインパクトが明示されていない。

カーエレクトロニクス産業を製品アーキテクチャの視点から言及した研究としては、徳田・佐伯 (2007) の研究がある。徳田・佐伯 (2007、p.4) によると、自動車の電子制御システムの開発の約 80% はソフトウェアの開発であり、その開発を自動車部品メーカーに依存している。自動車完成品メーカーはソフトウェア開発のノウハウの蓄積が少ない。このような電子制御システム開発の構造の中で、自動車部品メーカーの電子制御システムの開発は、オープンモジュラー化

が進んでいる。一方で、自動車完成品メーカーのものづくりはインテグラルであり、内モジュラー・外インテグラルの構造が進展していると指摘している（佐伯、2011）。これらの研究は、電子制御システムの製品アーキテクチャは、内モジュラー・外インテグラルであると指摘した他、ケーヒンの電子制御システムの事例研究を進めたが、複数の事例研究による主張の一般化および定量的に製品アーキテクチャの構造を分析するには至っていない。

本稿においては上記の先行研究のレビューを踏まえ、カーエレクトロニクス産業の分析を行う。特に、電子制御システムの製品アーキテクチャの構造について、佐伯（2009）のカーエレクトロニクス事業の定義・分類や大鹿・藤本（2006）の製品アーキテクチャ度調査を用いて定量的に分析する他、複数の事例研究による定性的な分析を行うことで、日本のカーエレクトロニクス産業の製品アーキテクチャ構造を包括的に分析する。

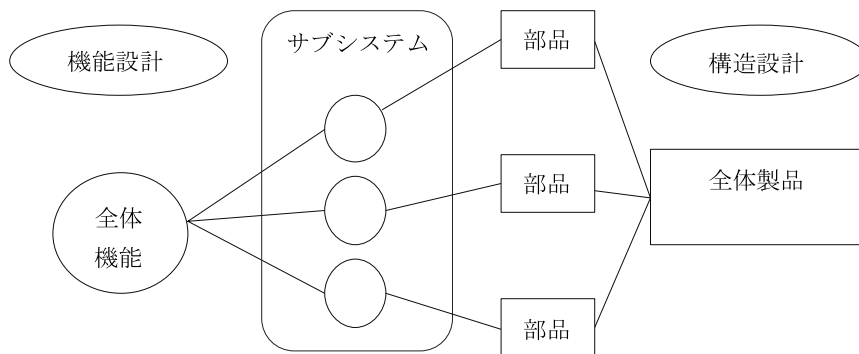
2. 製品アーキテクチャについて

(1) 製品アーキテクチャの定義

本節では、本稿の分析の視点となる製品アーキテクチャとその位置取り戦略について記述する。

製品アーキテクチャとは、製品に要求される機能を、製品の各構造部品にどのように配分し、部品間のインターフェイスをどのようにデザインするかに関する基本的な設計思想である（Ulrich, 1995）。藤本は、基本設計を通じて設計者によって作り出される「機能要素と構成部品との対応関係」や「構成部品間のインターフェイスのルール」に関する基本的な考え方であると定義している（藤本 2003a、p.87）。

図1 製品アーキテクチャの構造

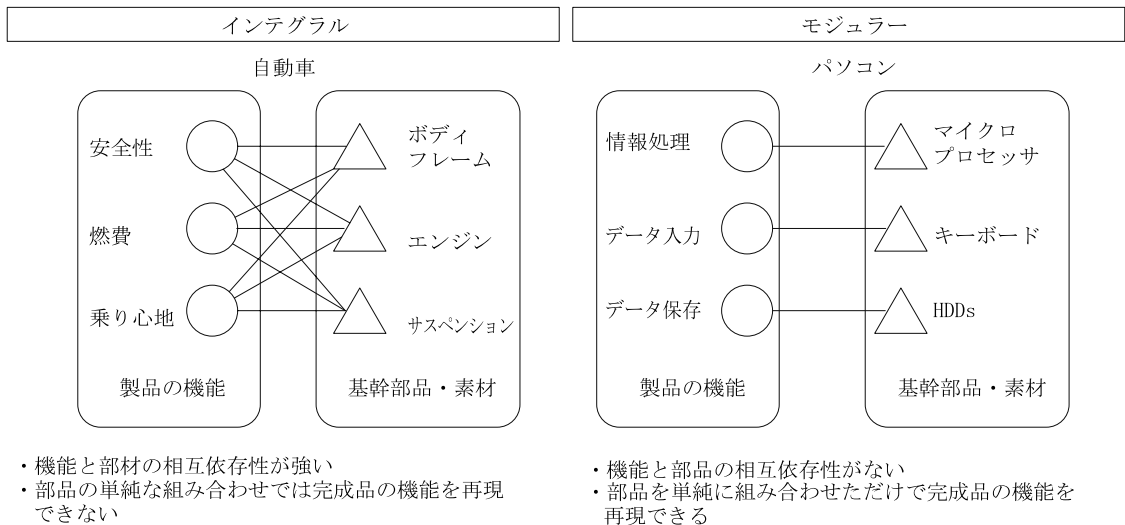


（出所）藤本（2003a）、p.87

藤本（2004、p.125）は図2の通り、製品アーキテクチャには、「擦り合わせ型（インテグラル型）」と「組み合わせ型（モジュラー型）」があるとした。その上で、日本の製造業は「擦り合わせ型」ものづくりに比較優位があると主張した。ここで、「擦り合わせ型」ものづくりとは、要素技術や部品間の相互依存関係を検証しながら、技術や部品を新たに作り出し、完成品を作る手法である。「組み合わせ型」ものづくりとは、既存の技術や部品を単純に組み合わせることで完成品を作る手法である。藤本によると、機械系の自動車部品は、「擦り合わせ型」ものづくりに位置

していると言う。

図2 擦り合わせ型（インテグラル）と組み合わせ型（モジュラー）



(出所) 藤本 (2004、p.125)

(2) 製品アーキテクチャの位置取り戦略

製品アーキテクチャの位置取り戦略とは、自社の組織能力と市場環境を前提として、最適のアーキテクチャの位置取りを工夫する戦略である。自社が販売する部品や製品の内部構造、および顧客が自社の部品や製品を使って組む製品あるいはシステムが、それぞれインテグラルであるかモジュラーであるかによって、位置取り戦略における4つの基本的ポジションを抽出できる。自社と顧客のアーキテクチャの関係がどのポジションを占めるかによって、必要な組織能力、適切な戦略、利益率などが異なる（藤本 2003b, pp.11-22）。

図3に示した通り、製品アーキテクチャの位置取り戦略の4つのポジションとは、内インテグラル・外インテグラル、内インテグラル・外モジュラー、内モジュラー・外インテグラル、内モジュラー・外モジュラーである。

内インテグラル・外インテグラルの例が、日本の機械系自動車産業である。自動車部品メーカーは顧客向けの専用部品を擦り合わせて開発・製造し、自動車完成品メーカーはそれらの自動車部品を擦り合わせて自動車を製造する。

内インテグラル・外モジュラーの例が、コンピュータのMPU¹を提供するインテルとパソコンメーカーとの関係である。インテルはMPUを擦り合わせて開発し、標準化を進める。パソコンメーカーは標準品としてインテルのMPUを組み合わせて、コンピュータを製造する。

内モジュラー・外インテグラルの例がカーエレクトロニクスの一部の部品である。自社の開発工程においては、構成部品や素材の標準化が進み、組み合わせが中心である一方で、顧客は擦り

1 コンピュータ内で基本的な演算処理を行う半導体チップ。

図3 製品アーキテクチャの位置取り戦略

		顧客の製品・システム	
		インテグラル	モジュラー
自社が販売する部品・製品	インテグラル	<p style="text-align: center;">内インテグラル・外インテグラル</p> <p>顧客専用特殊設計されたカスタム部品&顧客部品に関する技術知識等を有す</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量産効果が上がらない ・価格設定権に限界がある <p>例) 自動車部品・オートバイ部品</p>	<p style="text-align: center;">内インテグラル・外モジュラー</p> <p>複数顧客へ汎用部品・標準部品として販売&顧客製品の差別化にとって中核的な役割を果たす</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量産効果が上がる ・価格設定権が多い <p>例) インテルのCPU、シマノの自転車ギア</p>
	モジュラー	<p style="text-align: center;">内モジュラー・外インテグラル</p> <p>共通部品採用によりカスタマイズに対応。どこまで共通部品を使えるのか「見切り」が重要・顧客システムや自社製品に関する高度な知識が必要</p> <p>例) 自動車の電装部品の一部</p>	<p style="text-align: center;">内モジュラー・外モジュラー</p> <p>共通部品・標準部品を活用し、顧客へ標準部品を販売</p> <ul style="list-style-type: none"> ・量産効果が得られる ・相当な財力か経営資源の急速展開能力が必要 <p>例) 汎用鋼、汎用樹脂、サムソンのDRAM、信越化学の塩化ビニール事業</p>

(出所) 藤本 (2007、p.27)

合わせて開発・製造を行う。

内モジュラー・外モジュラーの例が DRAM²とパソコンメーカーの関係であり、汎用品である DRAM を、パソコンメーカーが組み合わせる構造である。

本節で記載した通り、製品アーキテクチャの視点のものづくりを中心とする産業を分析する一つの有用な視点である。日本の自動車産業および系列の部品産業は長らく内インテグラル・外インテグラルの擦り合わせによる垂直統合モデルを競争優位の源泉としてきた。しかし、カーエレクトロニクス産業は内モジュラー・外インテグラルなど、従来とは異なる製品アーキテクチャに位置取っている可能性がある。第3節では研究の対象である電子制御システムを中心とするカーエレクトロニクス産業について記載し、本節の分析の視点である製品アーキテクチャと合わせて、第4節にて事例研究を記載する。

2 半導体記憶素子の一つ。読み書きが自由に行える RAM の一種。

3. カーエレクトロニクス産業について

(1) カーエレクトロニクス産業の概要

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は、1988年度は29.3%だったが、2010年度には約35.1%である（日本自動車部品工業会 1989、2011）。また2010年度の市場規模は約6兆2,500億円である（日本自動車部品工業会 2011）。以上から、もはやカーエレクトロニクス産業は決して特殊な産業ではなく、むしろその存在を抜きに自動車部品産業を論じることは難しいと言える。

このように、カーエレクトロニクス産業の急速な拡大を背景に、藤本・具・近能（2006）は自動車部品を、機械系・アッセンブリー部品、電装部品、機械加工部品、樹脂成型部品、金属の5通り分類した。本分類は従来の機械系の部品を加えて、電装部品を加えているのが特徴である。また佐伯（2009）は、カーエレクトロニクスを電子制御システムと一般電装品に分類した。本稿は佐伯の分類のうち電子制御システムを主な研究対象とする。

(2) 電子制御システムの分類

徳田・佐伯（2008、p.32）は電子制御システムを、表1の通りに分類した。本稿においても徳田・佐伯の分類を採用する。

表1 電子制御システムの分類

電子制御システムの分類	システム名称
エンジン制御	電子制御燃料噴射装置（PET）
	電子制御スロットルシステム（注1）
パワートレイン制御	トラクションコントロールシステム（注2）
	AT/CVT
車両制御	ABS
	電子制御ブレーキアシスト
	電動パワーステアリング
	横滑り防止装置（以下ESC）
ボディ制御	エアバックシステム
	サイドエアバック
	シートベルトプリテンショナー（注3）
	ナビゲーションシステム
	マイコン式オートエアコン

ITS	車線維持・逸脱警報システム
	追突・車間距離警報装置
	プリクラッシュセーフティシステム（注4）

（注1）アクセルペダルとエンジンを電氣的に繋ぎ制御するシステム

（注2）発進・加速時のタイヤの空転を防止するシステム

（注3）前方向からの衝突時にシートベルトを瞬間的に引き込み、乗員をシートに固定することでシートベルトの効果を高める

（注4）自動車に搭載したレーダやカメラからの情報をコンピュータが解析し、運転者への警告やブレーキの補助操作などを行う

（出所）徳田・佐伯（2008、p.32）

エンジン制御とは、マイコンにより自動車の点火および燃料機関を制御することである。燃料噴射制御、点火時期制御、アイドル回転数制御、ロック制御などがある。エンジン制御により、エンジン性能向上、燃費向上、排気ガスのクリーン化等の利便性がある。

パワートレイン制御とは、トランスミッションなどの動力伝達系を制御することである。トラクションコントロールシステムやAT/CVTを制御する。

車両制御とは、「走る」「曲がる」「止まる」といった動作を制御し、応答性・操安性・快適性を改善する。車両制御は、ABS、電子制御ブレーキアシスト等から構成される。

ボディ制御とは、自動車の快適性・利便性・安全性の向上や車の商品性を高めるための電子制御システムである。エアバックシステムやナビゲーションシステム等を制御する。

ITSとは、人・道路・自動車間で連携するための各種制御システムである。車線維持・逸脱警報システム、追突・車間距離警報装置プリクラッシュセーフティシステム等が主なITSの電子制御システムである。

本節ではカーエレクトロニクス産業の市場動向および分類等の視点から研究対象の概要を明らかにした。第4節においては、第2節と第3節を踏まえて、製品アーキテクチャの視点から、電子制御システムを中心にカーエレクトロニクス企業の事例研究を記載する。

4. 製品アーキテクチャから見るカーエレクトロニクス産業

(1) 製品アーキテクチャ度調査

本稿において、クラリオン、トランスストロン、富士通テン、アイシンAW、OAEの5社へのインタビューによる実証研究について記載する。インタビューに合わせて、大鹿・藤本（2006、pp.5-7）の調査票を使用し、製品アーキテクチャの定量調査を製品別に実施した。以下が調査票である。

表2 製品アーキテクチャの定量調査票

Q1	この製品を構成する要素中には、カスタム設計（この品種専用・機種専用）の部品・素材・要素が多い。
Q2	この製品を構成する要素をつなぐインターフェース（接続部分）は、この品種専用・機種専用の規格である。
Q3	この製品を構成する要素をつなぐインターフェース（接続部分）は、貴社の社内専用の社内規格である。
Q4	この製品の要求機能を実現するためには、構成部品の設計パラメータを互いにきめ細かく相互調整する必要がある。
Q5	既に設計済みの業界標準部品や社内流用部品の寄せ集めでは、商品力のあるまともな製品は出来ない。
Q6	小型化・軽量化の制約が厳しく、部品干渉や重量バランスなど、部品の構造設計上のパラメータ間の相互依存性が高い。
Q7	その製品を構成する原材料、部品のサプライヤーと密接な共同設計開発活動を要する。
Q8	この製品では、複数の要求性能を同時にピンポイントで満たさないと、顧客を満足させることは出来ない。
Q9	この製品の生産のためには、素材や前工程の変動やばらつきに応じて、後工程の制御パラメータも連動させて調整する必要がある。
Q10	市販の標準型の製造設備を寄せ集めた生産工程では、商品力のあるまともな製品は出来ない。設備のカスタム化が必要。
Q11	この製品の商品力を決める主要な生産工程の設備は内製（社内製作）あるいはそれに準ずる設備である。
Q12	この製品の要求機能を実現するためには、生産工程の制御パラメータを互いにきめ細かく相互調整する必要がある

（出所）大鹿・藤本（2006、pp.5-7）

回答は、全くその通り（5点）、ややその通り（4点）、どちらとも言えない（3点）、やや違う（2点）、全く違う（1点）の5種類。12問への回答を通して、平均が3点以上の企業は該当する製品がインテグラル製品、平均が3点以下の場合はモジュラー製品とする（大鹿、藤本の研究を踏襲）。

本調査の外インテグラルの判定は、日本の自動車産業においてエレクトロニクス化が進行しているものの、自動車部品メーカーのインタビューの結果、完成品メーカーのものづくりはいまだに擦り合わせが中心であるという実態を基にしている。製品アーキテクチャ度調査の結果は表3の通りである。

表3 製品アーキテクチャ度調査の結果

企業名	電子制御システムの分類	製品 アーキテクチャ度	製品アーキテクチャ
クラリオン	1. カーナビ	3.6	内インテグラル・ 外インテグラル
	2. カーオーディオ	3.8	内インテグラル・ 外インテグラル
	3. 業務用車載端末	3.3	内インテグラル・ 外インテグラル
トランストロン	4. 車両制御システム	2.8	内モジュラー・ 外インテグラル
	5. エンジン制御ユニット製品	2.8	内モジュラー・ 外インテグラル
	6. 車載情報システム製品	2.1	内モジュラー・ 外インテグラル
	7. センサ・アクチュエータ	4.0	内インテグラル・ 外モジュラー
	8. アレイマスク	3.8	内インテグラル・ 外インテグラル
富士通テン	9. カーナビ	3.8	内インテグラル・ 外インテグラル
	10. カーオーディオ	3.8	内インテグラル・ 外インテグラル
	11. ドライブレコーダー	3.7	内インテグラル・ 外インテグラル
	12. エンジン制御 ECU	2.5	内モジュラー・ 外インテグラル
	13. HV 用 ECU	2.1	内モジュラー・ 外インテグラル
	14. エアバック ECU	2.8	内モジュラー・ 外インテグラル
	15. ミリ波レーダ	4.3	内インテグラル・ 外インテグラル
	16. セキュリティ ECU	2.8	内モジュラー・ 外インテグラル
	17. リモートエンジンスタータ	2.5	内モジュラー・ 外インテグラル

アイシン・エイ・ダブリュ	18. 車載情報通信端末（カーナビ）	3.6	内インテグラル・外インテグラル
	19. AT/CVT用油圧 ECU	2.3	内モジュラー・外インテグラル
	20. HV用 ECU	2.3	内モジュラー・外インテグラル
オムロン オートモーティブ	21. 多機能コントロールユニット	2.7	内モジュラー・外インテグラル
	22. パッシブエントリー・プッシュエンジンスタートシステム	2.8	内モジュラー・外インテグラル
	23. 電動パワーステアリング	2.8	内モジュラー・外インテグラル
	24. スイッチ	4.2	内インテグラル・外インテグラル
	25. EV 漏電センサ	4.2	内インテグラル・外モジュラー
GS ユアサ（注）	26. 自動車用電池	4.3	内インテグラル・外インテグラル

（注）インタビューは実現しなかったが、製品アーキテクチャ度調査は実施。

（出所）2011年9月～12月および2012年3月～4月に実施された上記6社の製品アーキテクチャ度調査、およびインタビューの回答より作成

製品アーキテクチャ度調査から、電子制御システムは、内モジュラー・外インテグラルの傾向があると推察される。これは、佐伯（2011）が主張した通り、電子制御システムは内モジュラー・外インテグラルであるという主張を実証している。一方で、カーナビ、カーオーディオ、DR、センサ等の他のカーエレクトロニクス製品においては、内インテグラル・外インテグラルの製品アーキテクチャが確認できた。また、EV 漏電センサなどインテグラルなセンサとモジュラーである電子制御システムが連携しているカーエレクトロニクスにおいては、内インテグラル・外モジュラーの製品アーキテクチャも確認できた。また、本調査における5つの企業（GS ユアサ以外）は、表4の通り、徳田・佐伯（2008）の分類を網羅している。

表4 電子制御システムの分類と研究事例の関係

電子制御システムの分類	システム名称	研究事例
エンジン制御	電子制御燃料噴射装置（PET）	トランストロンのエンジン制御システム、富士通テンのエンジン制御 ECU、富士通テン・アイシン AW の HV 用 ECU
	電子制御スロットルシステム	

パワートレイン制御	トラクションコントロールシステム	アイシン AW の AT/CVT 用油圧 ECU
	AT/CVT	
車両制御	ABS	トランストロンの車両制御、OAE の電動パワステ
	電子制御ブレーキアシスト	
	電動パワーステアリング	
	ESC	
ボディ制御	エアバックシステム	富士通テンのエアバック ECU、クラリオン・トランスロン・富士通テン・アイシン AW のカーナビ・車載情報通信機器、富士通テン・OAE のエンジンリモートスタータ・パッシブエントリー・プッシュエンジンスタートシステム・多機能コントロールユニット・EV 漏電センサ、トランストロンのセンサ・アレイマスク・セキュリティ ECU
	サイドエアバック	
	シートベルトプリテンショナー	
	ナビゲーションシステム	
	マイコン式オートエアコン	
ITS	車線維持・逸脱警報システム	クラリオン・富士通テンの DR、トランストロンの車両情報システム・プリクラッシュシステム
	追突・車間距離警報装置	
	プリクラッシュセーフティシステム	

(出所) 徳田・佐伯 (2008、p.32) および 2011 年 9 月～12 月および 2012 年 3 月～4 月に実施された研究対象 5 社のインタビュー結果を基に筆者が作成

(2) 電子制御システムを中心とするカーエレクトロニクスの事例研究

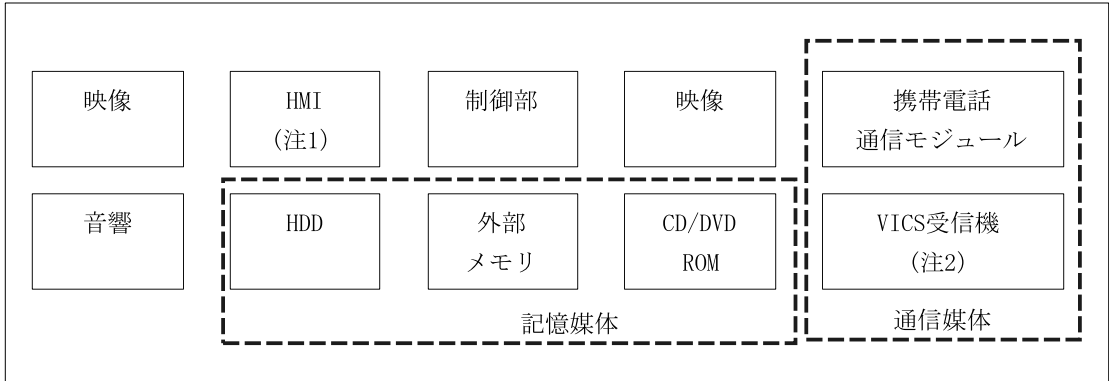
①クラリオンの事例

2011 年 9 月にさいたま市のクラリオン本社にて 広報室の吉田綾子氏へのインタビューを実施した。

クラリオンは、カーナビ、カーオーディオ、業務用車載端末等を提供する、カーエレクトロニクス事業の構成比率が 100%の会社である。

製品アーキテクチャに関しては、表 3 に示した通り、クラリオンの提供する 3 製品は全て内インテグラル・外インテグラルという結果がである。カーナビに関しては、自社のカーナビ品種専用の部品・素材が多く、構成部品のパラメータを細かく相互調整する必要がある。クラリオンを始めとするカーナビメーカーが搭載する主な部品は次の通りである。

図4 カーナビの主な構成部品



注1：操作ボタン、タッチパネルなど、カーナビに対する操作を入力する装置

注2：渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信し、カーナビなど情報を表示する通信システム（出所）2011年9月にクラリオン本社事務所（於：さいたま市）において、広報室吉田氏へインタビューを実施。提供資料「ナビ&オーディオビジュアル製品の概要」を基に筆者が作成

上の図のような構成部品の擦り合わせを現場で実施していることに加え、近年擦り合わせの競争力の重要な要素となっているのが、制御部と通信媒体であると言う。CPUや記憶媒体をマイコンで制御し、携帯電話、VICS、GPSと高速・大容量通信を行うこと、またHMIにより高繊細な映像を表示することが重要であるとしている。

クラリオンのカーナビは、接続部分のインターフェイスも特定の顧客別のインターフェイスを採用していることに加え、顧客別の小型化・軽量化ニーズに応じて擦り合わせを実施している。顧客とのインターフェイスはクラリオンの社内独自規格ではない事から、社内標準化によるモジュラー化は志向していない。

クラリオンは独自ブランド「クラスヴィア」「スムーナビ」等を展開している。一方で、同社のカーナビの主力は自動車完成品メーカーへのOEMであり、完成品メーカーごとの設計仕様書に対応している。以上のような特徴から、同社のカーナビは内インテグラル・外インテグラルの可能性が高いと言える。

カーオーディオは、オーディオ・スピーカー等の製品群で構成される事業である。カーナビと同様に、自社のカーオーディオ専用の部品・素材が多く、構成部品のパラメータを細かく相互調整する必要があることからインテグラル製品である。接続部品のインターフェイスも顧客ごとに設定していることから、内インテグラル・外インテグラル製品の可能性が高い。カーオーディオもカーナビと同様に自社ブランドと自動車完成品メーカーへのOEMを軸に事業を展開している。クラリオンは業務用端末として、ナビ・ドライブレコーダー（以下DR）等を提供している。製品アーキテクチャに関しては、カーナビ・カーオーディオと同様で内インテグラル・外インテグラルである可能性が高い。

②トランストロンの事例

2011年10月および2012年3月に横浜市のトランスロン本社において、車両制御第一開発部の高間広平氏へインタビューを実施した。

トランスロンは、車載制御システム、エンジン制御ユニット製品、車載情報システム製品、センサ・アクチュエータ、アレイマスク等を提供する企業である。

表3に示した通り、トランストロンの提供するエンジン制御ユニット製品、車両制御システム、車載情報システム製品の3製品は内モジュラー・外インテグラル、センサ・アクチュエータは内インテグラル・外モジュラー、アレイマスクは内インテグラル・外インテグラルの傾向を持つ製品である。

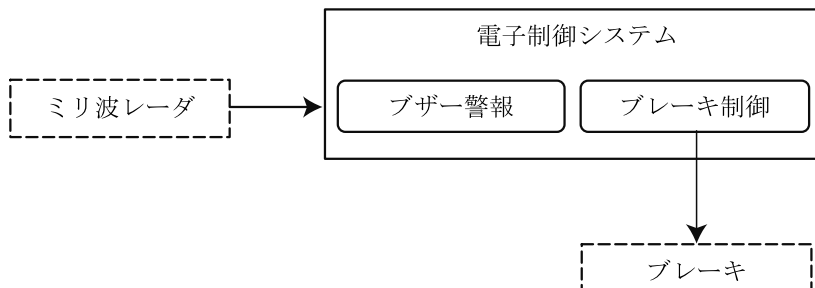
高間氏によると、ディーゼルエンジン制御ユニットのマイコンは主にルネサス製であり、車両制御システム・車載情報システムと共に標準化によるモジュラー化が進展していると言う。加えて、CANと呼ばれる自動車内部で、電子回路や各装置を接続するための通信プロトコルはISOにより標準化されている他、センサなどから温湿度、GPS情報等を収集するデータロガーに関しても外部インターフェイスはCAN通信によるモジュラー化に対応しており、エンジン制御ユニットの内モジュラー化は、製品アーキテクチャ度調査通り、進展していると言える。

同社の車両制御システムは、プリクラッシュブレーキ ECU、AMT (Automated Manual Transmission) ECU、アイドリングストップ ECU、エアサスペンション ECU、坂道発進補助 ECU、データロガー等から構成される。

プリクラッシュブレーキ ECU は、ミリ波レーダからの先行車情報と自車情報により追突の危険が迫った場合、まず警報音にてドライバーにブレーキ操作を促す。更にステアリングでもブレーキでも衝突を回避できないと判断した場合、ブレーキユニットに対し自動ブレーキの指示を出し、衝突速度を軽減させる電子制御システムである。

プリクラッシュシステム ECU はエンジン制御 ECU と同様に、ルネサスのマイコン等の標準化が進みモジュラー傾向であること、自動車完成品メーカーはミリ波レーダとブレーキ等の擦り合わせを行う必要性があることから、トランストロンの車両制御システムのプリクラッシュブレーキ ECU は内モジュラー・外インテグラルの傾向を持つ製品であると言える。

図5 プリクラッシュブレーキ ECU の製品アーキテクチャ構成図

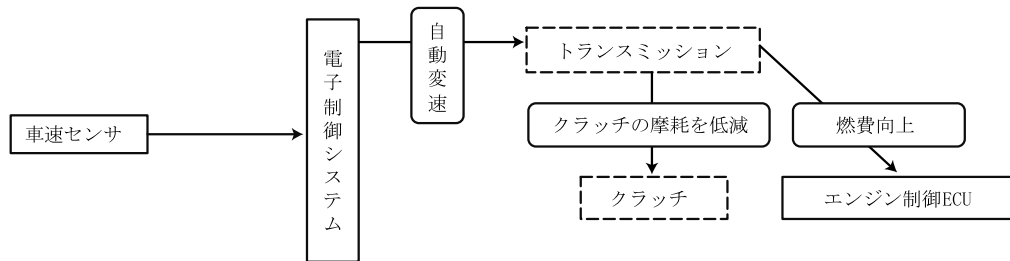


(出所) 2012年3月にトランスロン本社（於：横浜市）において実施された高間氏へのインタビューを基に筆者が作成

AMT ECUとは、ドライバーの運転疲労を軽減するためにトランスミッションのシフトチェンジを自動的に制御する装置である。マニュアルトランスミッション車においてオートマチックトランスミッション車と同様の自動変速を行い、ギヤ段の最適化により燃費向上にも貢献する。

電子制御システムは他のシステムと同様にルネサスのマイコンを中心としてモジュラー化が進んでいる他、自動車完成品メーカーはトランスミッションやクラッチと擦り合わせを行い、自動車を製造している。

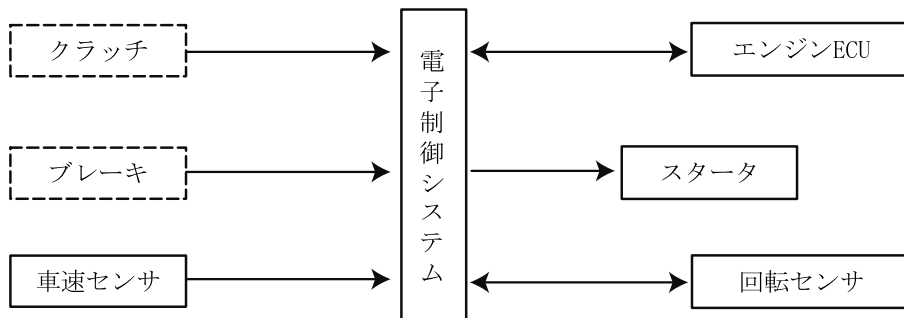
図6 AMTの製品アーキテクチャ構成図



(出所) 2012年3月にトランストロン本社(於:横浜市)において実施された高間氏へのインタビューを基に筆者が作成

アイドリングストップ ECU は、車速センサの情報を基に、ブレーキを踏んだときに自動的にアイドリングを停止させ、ドライバーがクラッチを踏んだときに自動的にエンジンを始動させる制御システムである。このアイドリング ECU において、トランストロンが提供するものは、電子制御システムであるアイドリングストップ ECU とエンジン ECU および、スタータ、センサ類である、エンジン制御システムと同様に、アイドリングストップ ECU はルネサスマイコンを中心に標準化によるモジュラー化が進んでいる分野である。これら 2 つの電子制御システムを中心に、完成品メーカーはクラッチやブレーキと電子制御システムおよびセンサ類との擦り合わせを行い、自動車を製造する。よって、製品アーキテクチャ度調査の通り、アイドリングストップ ECU は内モジュラー・外インテグラルの可能性が高いと言える。

図7 アイドリングストップ ECU を中心とする製品アーキテクチャ構成図



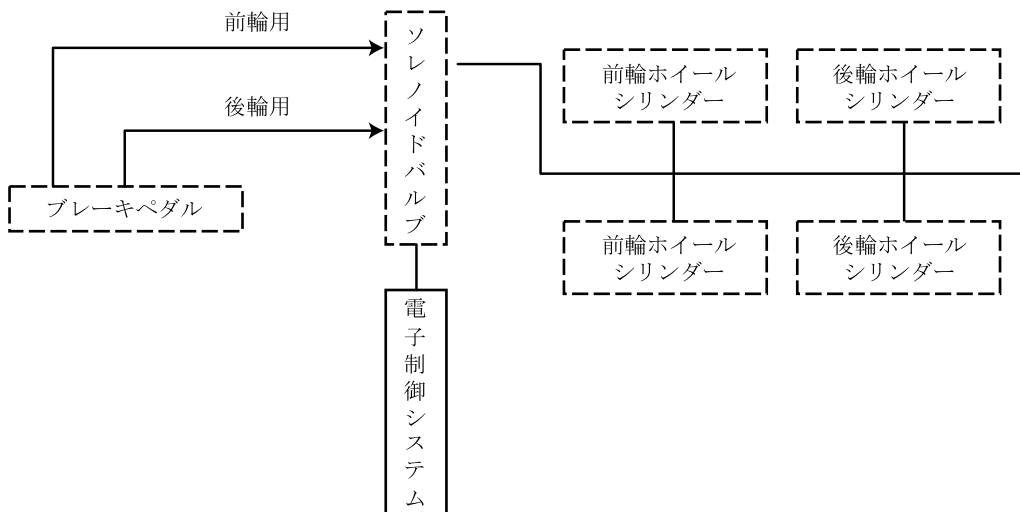
(出所) 2012年3月にトランストロン本社(於:横浜市)において高間氏へインタビューを実施。提供資料「主な車両制御ユニットの構造」を基に筆者が作成

エアサスペンション ECU とは、荷物量に応じて荷台の高さを調節することにより、振動を吸収するエアサスペンションをコントロールする電子制御システムである。荷台の高さを記憶できるメモリ機能や、空車時の発進を補助する軸重制御機能、積載量の計算機能などの制御を行う。荷台に重量センサや、荷役の高低をセンサで計測し、荷台の高さを自動制御することに特徴がある。自動車完成品メーカーは荷台と電子制御システム・センサの擦り合わせを行うことから、内モジュラー・外インテグラルであると言える。

坂道発進補助 ECU とは、アイドルストップ車の坂道等でのずり落ち防止、再始動時の飛び出し防止を行い、安全運転を支援する電子制御システムである。坂道発進補助 ECU の仕組みは、前後輪シリンダーとブレーキペダル間に、ソレノイドバルブおよびバルブドライバを配置することにより、アイドルストップ時や再始動の操作に応じて一定の液圧の保持・減圧の電子制御を行う。停車中にブレーキペダルから足を離してもブレーキ力を一時的に保持し、ずり落ちを防止し、発進時にはブレーキ力を自動解除しスムーズな発進を実現する。

坂道発進補助 ECU も他の車両制御システムと同様にモジュラー製品であるが、完成品メーカーが、ソレノイドバルブの油圧の自動調整を中心に、ブレーキペダルや前輪後輪ホイールシリンダーの擦り合わせを行っていることから、内モジュラー・外インテグラルの製品アーキテクチャを保持している。

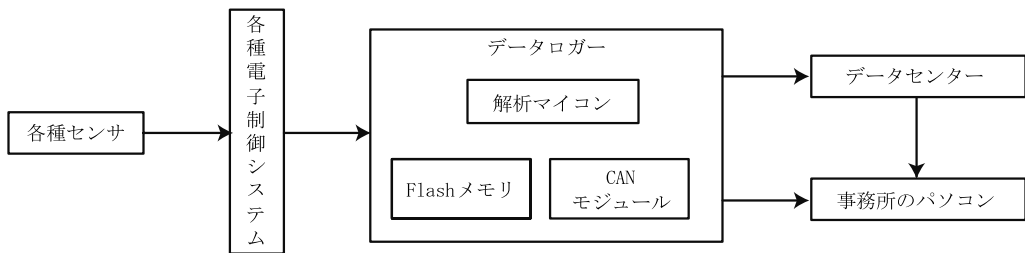
図 8 坂道発進補助 ECU の製品アーキテクチャ構成図



(出所) 2012年3月にトランスロン本社（於：横浜市）において高間氏へインタビューを実施。提供資料「主な車両制御ユニットの構造」を基に筆者が作成

データロガーとは、車両の各種センサや ECU からの情報の受信収集を可能にするシステムである。内部メモリに記録できるだけでなく、無線通信によるリアルタイムな情報収集および分析できる。運行情報の分析により車両故障診断や的確な車両管理が可能である。

図9 データロガーの製品アーキテクチャ構成図



(出所) 2012年3月にトランスロン本社（於：横浜市）において高間氏へインタビューを実施。提供資料「主な車両制御ユニットの構造」を基に筆者が作成

高間氏によるとデータロガーの製品アーキテクチャはパソコンと類似していることから、製品アーキテクチャはモジュラーである可能性が高いと言える。

車載情報システム製品とは、情報技術を活用し運行や運転内容をリアルタイムで把握し最適運用を実現する輸送マネジメントシステムである。また安全に対するニーズを的確に捉えながら自動車の基本動作を司る各種車両コントロールユニットでもある。

車載情報システム製品も様々なアプリケーションを搭載しているものの、基本の構成はパソコンに近い端末であり、運転員の作業状況や運行情報をデータセンターや事務所のサーバやパソコンで集約する構成はデータロガーと同様である。車載情報端末に関しても、車両組み込みの場合が多く、車載情報システム製品と、各種センサ、各種電子制御システムや、他の機械系部品との擦り合わせを自動車の完成品メーカーが行うことから、内モジュラー・外インテグラル製品であると言える。

トランスロンのセンサ・アクチュエータは、アクセルセンサおよび車高センサ等から構成される。アクセルセンサとは、アクセルペダルの踏み込み量をセンシングし、電圧値に変換することで、ドライバーの意思を、エンジン ECU へ正確に伝達・反映するセンサである。エンジン ECU の製品アーキテクチャを構成する重要な要素の一つである。

一方、車高センサとは、サスペンションの沈み込み量をセンシングし、電圧値に変換して出力するセンサである。エアサスペンションの圧力制御等に採用されており、エアサスペンション ECU の製品アーキテクチャの重要な構成要素である。

製品アーキテクチャ度調査によると、センサ・アクチュエータはインテグラルであるという結果が出ている。トランスロンのセンサはアクセルセンサや車高センサなど電子制御の用途別に開発されており、電子制御の製品アーキテクチャがモジュラーということを踏まえると、センサの製品アーキテクチャは内インテグラル・外モジュラーの可能性が高いと言える。

③富士通テンの事例

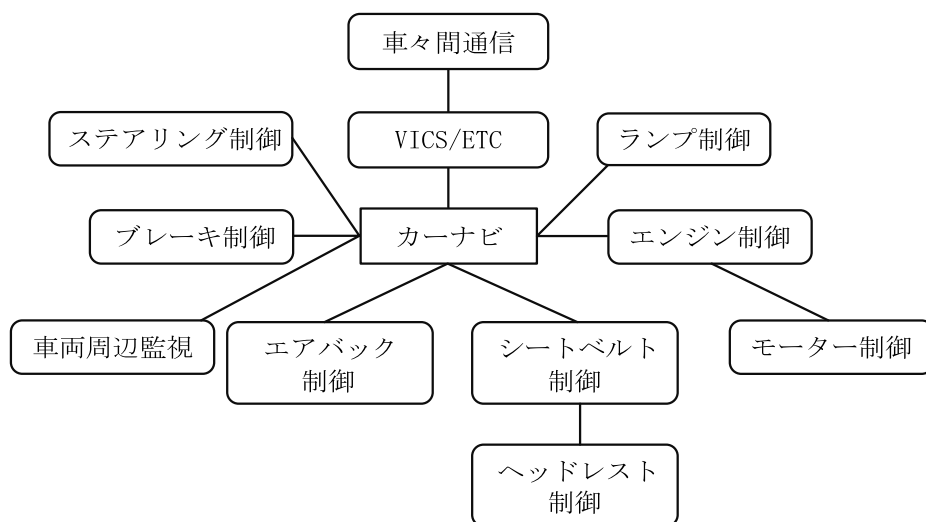
2011年10月および2012年3月に、東京都港区の富士通（株）本社において、コーポレートコミュニケーション部の田口晋也氏へインタビューを実施した。

富士通テンは、カーナビ、カーオーディオ、DR 等を提供する企業である。これらの3製品は、

ECLIPSE ブランドとして展開されている。また、まだ事業の主力ではないものの、今後の注力分野として、エンジン制御 ECU や HV 用 ECU 等の自動車用電子機器部品も提供している。

3 製品の製品アーキテクチャに関しては、クラリオンと同様には内インテグラル・外インテグラルの可能性が高いという調査結果が出ている。同社の製品アーキテクチャの位置取り戦略として特徴的なのは、カーナビを中心として他の自動車部品・電子制御システムの表示システムを集約しようという戦略である。これは近年加速する自動車のカーエレクトロニクス化に対応するための戦略でもある。現在はトヨタからの仕様に基づき、カーナビの基本性能である VICS を含むナビ機能・通信機能の充実を基本としているが、近年、エンジン、ブレーキ等の機械系部品の電子制御システム、モータ制御など EV 特有の電子制御システム、ミリ波レーダによる車々間通信による危険情報の表示など、電子制御システムの見える化を、カーナビを中心に進める計画である。この流れが進展すれば、自動車との組み込みによる擦り合わせが中心のカーナビは、自動車の電子制御システムとの繋がりが強くなり、製品アーキテクチャも内インテグラル・外インテグラルから、内インテグラル・外モジュールに移行すると推察される。

図 10 カーナビを中心とする製品アーキテクチャの位置取り戦略



(出所) 2012年3月に富士通(株)本社(於:東京都港区)において実施された田口氏へのインタビューを基に筆者が作成

先述の通りカーナビを中心として内インテグラル・外モジュールの位置取り戦略を進めるため、富士通テンが開発を進めているのが、エンジン制御 ECU、HV 用 ECU、エアバック ECU、ミリ波レーダ、セキュリティ ECU、リモートエンジンスタターの6つのカーエレクトロニクスである。

製品アーキテクチャ度調査によると、ミリ波レーダを除き、ECU は全て内モジュール・外インテグラルの可能性が高いという結果が出ている。他のメーカーの電子制御システムと同様、マイコンによる制御とコンピュータの製品アーキテクチャ構造がモジュール化の要因であると推察される。

同社のエンジン ECU は、コンピュータを使って燃料を正確に供給する電子制御燃料噴射装置である。燃料噴射量および点火時期を最適に電子制御することにより、走行性能の向上、排出ガスの有害成分を低減する。製品アーキテクチャ度調査では、トランストロンのエンジン制御システムと同様に、内モジュール・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

HV 用 ECU は、トヨタのプリウス向けの電子制御システムである。2種類の動力源（ガソリンエンジンと電気モータ）を最適に電子制御し、燃費向上、および排出ガスの低減を実現する。製品アーキテクチャ度調査によると、HV 用 ECU も内モジュール・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

エアバック ECU は、衝突時、センサが反応するとハンドル部などに内蔵されたエアバッグを膨らませ、乗員への負担を軽減する。また、シートベルトを補助し、ドライバーの安全を確保する。運転席・助手席の多段階制御エアバッグ、衝突時の乗員の移動を抑えるニーエアバッグと側突（サイドエアバッグ、カーテンシールドエアバッグ）、リアプリテンショナー等をトヨタと共同で開発している。製品アーキテクチャ度調査によると、エアバック ECU も内モジュール・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

ミリ波レーダとは、レーダから対象物までの距離・角度・相対速度を高精度に測定する測距センサである。電波を使用することから耐候性に優れ、ACC（車間自動制御システム）や衝突被害軽減システムなどに応用できる。製品アーキテクチャ度調査によると、トランストロンのセンサと同様に内インテグラル・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

セキュリティ ECU とは、ドアの無理な開閉やウインドウガラスへの衝撃をセンサで感知し、セキュリティ ECU による電子制御により警報サインを出すシステムである。製品アーキテクチャ度調査によると、セキュリティ ECU も内モジュール・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

リモコンエンジンスタートとは、リモコンを使って遠隔操作でエンジンを始動させる電子制御システムである。製品アーキテクチャ度調査によると、リモコンエンジンスタートも内モジュール・外インテグラルの製品アーキテクチャを示している。

先述の通り、富士通テンは従来のカーナビ・カーオーディオ・DR と電子制御システムを組み合わせることで、内インテグラル・外インテグラルから、内インテグラル・外モジュールの製品アーキテクチャへの転換を図っていると推察され、今後カーナビを中心としてカーエレクトロニクス化が進む自動車業界において、トヨタを主軸にもものづくりを進めていく。

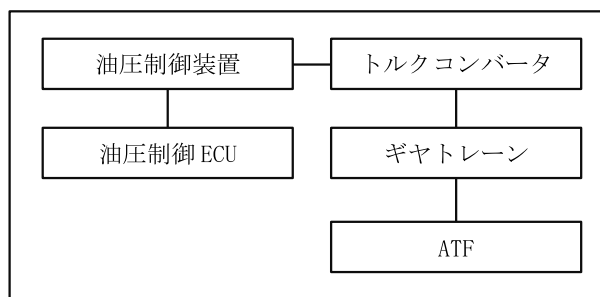
④アイシン AW の事例

2011 年 10 月に愛知県安城市のアイシン AW 本社において、経営企画本部経営企画部の樋口昌男氏へインタビューを実施した。

アイシン AW は、電動油圧 AT/CVT（自動車変速機）、カーナビ、HV 用 ECU を中核とする HV システム等を提供する企業である。AT/CVT 市場に関しては、電動ではない油圧式トランスミッション市場も存在するが、大半は電動油圧式のトランスミッション市場である。つまり油圧の電子制御システムが主流である。AT/CVT 用油圧 ECU は内モジュール・外インテグラルという製品アーキテクチャの調査結果が出ている。

AT/CVT 用油圧 ECU の製品アーキテクチャの構成は以下の通りである。樋口氏によると、油圧制御 ECU 自体はマイコン制御による標準化が進んでおり内モジュラーの構造だが、トルクコンバーターやギヤトレーンの動きとは擦り合わせが必要であり、外はインテグラルであると述べている。よって、油圧制御 ECU の製品アーキテクチャは、内モジュラー・外インテグラルである可能性が高いと言える。

図 11 AT の製品アーキテクチャ構成図

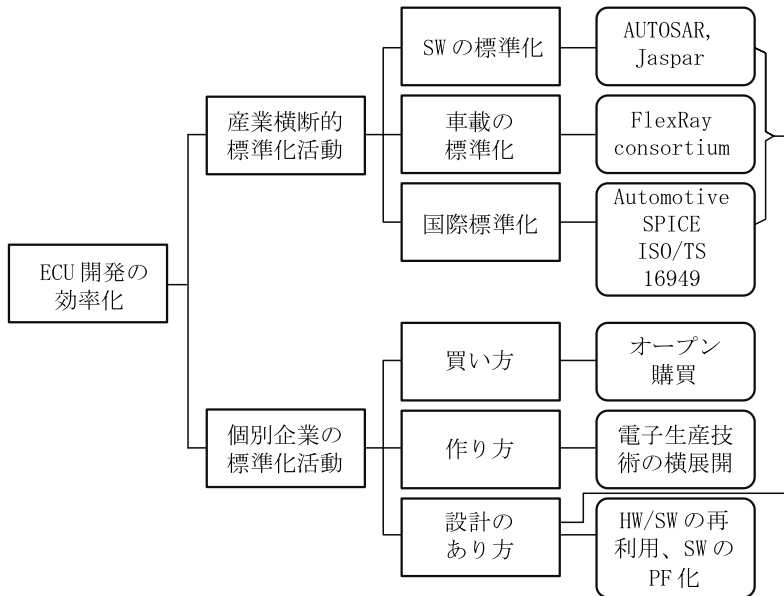


(出所) 2011 年 10 月にアイシン AW 本社事務所 (於: 愛知県安城市) において、経営企画本部経営企画部の樋口昌男氏へインタビューを実施。提供資料「AT/CVT の製品構造の概要図」より筆者が作成

HV 用 ECU を中核とする HV システムとは、ガソリンエンジンと電動モータを組み合わせた動力システムである。製品アーキテクチャ度調査によると、HV 用 ECU の製品アーキテクチャも富士通テンと同様に内モジュラー・外インテグラルを示している。ECU は他の電子制御システムと同様にモジュラー化が進んでいるが、HV システムとしては、モータ、エンジン、バッテリー、タイヤ等との擦り合わせが必要なことから、同製品アーキテクチャが構成されていると言える。

アイシン AW の製品アーキテクチャの位置取り戦略で特徴的なのが、図 12 の通り ECU 開発の効率化を標準化活動への参画を通して推進していることである。同社は、産業横断的標準化活動として、ECU のソフトウェアの標準化、車載の標準化・国際標準化を進めており、それが自社の ECU 設計に反映させている。このような ECU 開発の取り組みが ECU のモジュラー化に影響していると推察される。

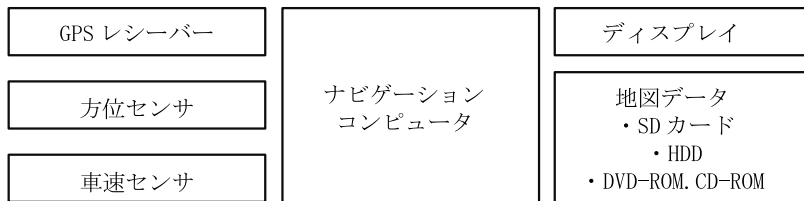
図 12 アイシン AW の ECU 開発に関する標準化活動



(出所) 佐伯 (2008a)、P.10

アイシン AW のカーナビは、2010 年度ベースで世界シェア No.1 である。同社のカーナビの製品アーキテクチャの構成要素は他社のカーナビと変わりはないが、会社提供の資料は図 13 の製品アーキテクチャ構成を示している。製品アーキテクチャ調査によると、カーナビは、クラリオン、富士通テンと同様に内インテグラル・外インテグラルという結果が出ている。

図 13 アイシン AW のカーナビの製品アーキテクチャ構成



(出所) 樋口氏からの提供資料「カーナビゲーションの製品構造の概要図」より筆者が作成

同社では富士通テンと同様に、インテグラル製品であるカーナビとモジュラー製品である電子制御システムを連動させ、カーナビの従来の内インテグラル・外インテグラルから、内インテグラル・外モジュラーの位置取り戦略の変化を進めている。

その取組みが、ナビ協調トランスミッションシフトである。車体の後方のカメラと画像認識技術を使って車線のまたぎを認識し、その情報をカーナビに送信する。高速道路で本線への合流時や本線からの退出時その情報をベースに、AT の電子制御システムが、AT のシフトを最適に変速して、スムーズな加速や減速を実現する機能である。

このようにアイシン AW および富士通テンは、電子制御システムの標準化を進める一方で、従来のインテグラル製品と拡大するモジュラー製品である電子制御システムを組み合わせることで、内インテグラル・外モジュラーという従来の機械系自動車部品である内インテグラル・外インテグラルとは異なる製品アーキテクチャを構成しようと試みている。

⑤OAE の事例

2011年12月に愛知県小牧市の OAE 本社において、事業戦略部の切畠正明氏へインタビューを実施した。

OAE は、多機能コントロールユニット、パッシブエントリー・プッシュエンジンスタートシステム、電動パワーステアリング、スイッチ、EV 漏電センサの 5 製品を主に提供している。

製品アーキテクチャ度調査によると、多機能コントロールユニット、パッシブエントリー・プッシュエンジンスタートシステム、電動パワーステアリングは内モジュラー・外インテグラル、スイッチは内インテグラル・外インテグラル、EV 漏電センサは内インテグラル・外モジュラーであるという結果が出ている。

OAE の多機能コントロールユニットとは、ドアロック、ワイパー制御などのボディ制御機能を多重通信技術により集中制御するシステムである。集中電子制御により、小型、軽量、省配線を実現できる。本システムもモジュラー製品であるが、自動車完成品メーカーが擦り合わせであれば、内モジュラー・外インテグラルであると言える。

パッシブエントリー・プッシュエンジンスタートシステムとは、鍵を取り出さず、ドアの施錠・開錠を行うパッシブエントリーと、ボタンを押すだけでエンジンをスタートさせる電子制御システムである。特にプッシュエンジンスタートシステムは、富士通テンのリモコンエンジンスタートと同様に、内モジュラー・外インテグラルの製品アーキテクチャであり、携帯機からの無線信号をエンジンの電子制御システムと連動させる仕組みである。

電動パワーステアリング (EPS) とは、ステアリングのアシストに油圧ではなく電気モータを利用する製品である。EPS の特徴として、車速に応じてステアリングをアシストする機能を保持しており、内モジュラー・外インテグラルの製品アーキテクチャを有している。

スイッチはインテグラル製品であるという調査結果が出ているが、スイッチに内蔵されているセンサをドアモジュールが感知し、ウインドウを開閉するモータを制御する仕組みである。スイッチを中心として、ウインドウやモータと擦り合わせをする必要性があることから、内インテグラル・外インテグラル製品であると言える。

EV 漏電センサとは、EV のバッテリー漏電を検知するセンサである。EV のものづくりがモジュラーであれば、インテグラル製品であるセンサを起点とすると、内インテグラル・外モジュラーであると言える。

上記の通り、OAE の多機能コントロールユニットを始めとする電子制御システムは、内モジュラー・外インテグラルであり、機械系部品であるスイッチを中心とする製品アーキテクチャは、内インテグラル・外インテグラル、モジュラーのものづくりを志向する EV 向けの EV 漏電センサは、内インテグラル・外モジュラーと OAE の製品は多様な製品アーキテクチャを有している。

本節では、5つのカーエレクトロニクス企業を対象に、電子制御システムを中心に26製品のアーキテクチャ構造を明らかにしてきた。佐伯（2011）の研究の通り、電子制御システムは内モジュラー・外インテグラルの傾向があることが実証されたが、カーナビは内インテグラル・内インテグラル、電子制御システムと繋がるセンサは内インテグラル・外モジュラーなど、カーエレクトロニクスの分野にも多様な製品アーキテクチャが存在することが確認できた。加えて、従来、内インテグラル・外インテグラルであったカーナビと電子制御システムとの連携や、センサとAT/CVT用油圧ECUの連携によって、内インテグラル・外モジュラーの製品アーキテクチャの位置取り戦略を推進している事例も確認できた。

また、カーナビに関してはPND等外付けの擦り合わせの不必要なカーナビも存在するが、インタビューを実施したカーナビ3社は、擦り合わせの必要な完成品メーカーへのOEMビジネスが中心であることから、外付けのカーナビの製品アーキテクチャの構造に関しては更なる検討が必要である。

おわりに

本稿では製品アーキテクチャの視点から、電子制御システムを中心にカーエレクトロニクスの構造を分析することを試みた。先行研究においては、電子制御システム事業を中心とする自動車部品メーカーと自動車完成品メーカーの産業構造は、内モジュラー・外インテグラルに位置するのではないかと仮説が提起されていたが、本稿の定性・定量な事例研究は、この仮説を実証するものであった。これまで、定性・定量の両面からカーエレクトロニクス分野の電子制御システムの製品アーキテクチャを測定し、複数の電子制御システム企業へのインタビューにより深掘した事例研究は本稿が初めてであり、エレクトロニクス化が進む日本の自動車部品業界の実体を明らかにしたという意味では、一定の貢献ができたかと思われる。

一方で、本研究は複数の電子制御システムの事例研究で一般性を高めたものの、研究結果の一般性に関して限界がある。今後はより広範囲に調査対象を増やし一般性を高めると共に、製品アーキテクチャの視点から継続的に、カーエレクトロニクス産業のものづくりの実体を明らかにしていく必要がある。例えば、部品の標準化・共通化の一環として自動車完成品メーカーが進めるモジュール生産方式の取組みの中で、電子制御システム事業を営むカーエレクトロニクス産業の製品アーキテクチャは、どのように変遷してきたであろうか。また、カーエレクトロニクス産業の国際比較や、企業パフォーマンスとの関係を、製品アーキテクチャの視点から実証的に明らかにすることはできるだろうか。いずれも、今後の研究課題である。

その意味で、本稿は、変容する産業構造と製品アーキテクチャの発想を、実証的に結び付けるための、試論の一つと位置付けることが出来よう。

参考文献

日本語文献

青木昌彦・安藤晴彦、2002、『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』、東洋経済新報社、103-124頁。

青島矢一、1998、「製品アーキテクチャーと製品開発知識の伝承」、『ビジネス・レビュー』、第46

- 巻第1号、一橋大学、46-60頁。
- 一般社団法人自動車部品工業会、1989、『自動車部品出荷動向調査』、9-14頁。
- 一般社団法人自動車部品工業会、2011、『自動車部品出荷動向調査』、10-15頁。
- 大鹿隆・藤本隆宏、2006、「製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析（2006年改訂版）」、『東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー』、MMRC-J-72、5-24頁。
- 国領二郎、1999、『オープン・アーキテクチャ戦略』、ダイヤモンド社、22-55頁。
- 佐伯靖雄、2008a、「自動車部品サプライヤーの電子化及び標準化への取り組み - アイシン精機の事例研究 -」、『立命館大学社会システム研究所ディスカッションペーパーシリーズ』、No. 080002、10頁。
- 佐伯靖雄、2008b、「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」、『立命館経営学』、第47巻第1号。
- 佐伯靖雄、2009、「カーエレクトロニクス部品市場の生産と流通」、『立命館経営学』、第48巻第2・3号、3-20頁。
- 佐伯靖雄、2011、「車載用 ECU 開発におけるモジュラー化の進展 - ケーヒンの事例研究 -」、『社会システム研究』、第23号。
- 新誠一、2006、「第1章 自動車はロボットになる」、『カーエレクトロニクス最前線』、工業調査会、10-11頁。
- 徳田昭雄、2008、「第2章 電子制御システム市場の概要」、徳田昭雄編、『自動車のエレクトロニクス化と標準化』、晃洋書房、32頁。
- 徳田昭雄、2008、「第6章 車載ソフトウェアの標準化」、徳田昭雄編、『自動車のエレクトロニクス化と標準化』、晃洋書房、131-141頁。
- 徳田・佐伯、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、4頁。
- 日経 Automotive Technology、2007、「車載ソフト巨大化に立ち向かう」、『日経 Automotive Technology』、2007年11月号、日経 BP 社、83-116頁。
- 藤本隆宏、1998、「経済教室 - アーキテクチャー：競争力確保の重要要素に」、『日本経済新聞』3月23日朝刊、日本経済新聞社。
- 藤本隆宏、2001、「アーキテクチャーの産業論」、藤本隆宏・武石彰・青島矢一編、『ビジネス・アーキテクチャー製品・組織・プロセスの戦略的設計 - 』、有斐閣、3-26頁。
- 藤本隆宏、2003a、『能力構築競争 - 日本の自動車産業はなぜ強いのか』、中公新書、87頁。
- 藤本隆宏、2003b、「組織能力と製品アーキテクチャー下から見上げる戦略論 - 」、『組織科学』、Vol.36 - No.4、11-22頁。
- 藤本隆宏、2004、『日本のもの造り哲学』、日本経済新聞社、125頁。
- 藤本隆宏・具 承桓・近能善範、2006、「自動車部品産業における取引パターンの発展と変容」、『MMRC Discussion Paper』、No. 85、東京大学大学院経済研究科、5-20頁。
- 藤本隆宏・東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター編、2007、『ものづくり経営学 - 製造業を超える生産思想 - 』、有斐閣、27頁。

藤本隆宏・安本雅典編、2000、『成功する製品開発 一産業間比較の視点一』有斐閣。
ローランド・ベルガー オートモーティブ・コンピタンス・センター、2005、『自動車部品産業
生き残りへの8つの課題』、日経BP社、120-121頁。

英語文献

- Alexander, C. 1964. Notes on the Synthesis of Forum. Cambridge, MA. Harvard University Press. pp.15-55.
- Clark, K.B. 1985. "The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution." Research Policy.14. Cambridge, MA. Harvard University Press. pp.235-251.
- Fine, C.H. 1998. Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage. MA. Perseus Books. (小幡雄訳、1999、『サプライチェーン・デザイン』、日経BP社、127-155頁。
- Hayes, R.H., and Clark, K.B. 1988. Dynamic Manufacturing: Creating the Learning Organization. New York. Free Press. pp.161-211
- Henderson, R., and Clark, K.B. 1990. "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms." Administrative Science Quarterly 35. pp.9-30.
- Morris, C.R., and Ferguson, C.H. 1993. "How Architecture Wins Technology Wars." Harvard Business Review. March-April. Cambridge, MA. Harvard University Press. pp.86-96.
- Ulrich, Karl T. 1995. "Product Architecture in the manufacturing Firm." Research Policy. Cambridge, MA. Harvard University Press. 419-440.
- Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D. 2003. Product Design and Development. New York. McGraw-Hill.p.12-35.

(受理日 5月10日)
(掲載許可日 7月24日)