

具承桓 「製品アーキテクチャの変化と知識統合化プロセス—自動車産業のモジュール化をめぐるダイナミズム—」

藤本隆宏（主査）

和田一夫

中村圭介

高橋伸夫

新宅純二郎

本論文は、製品アーキテクチャが変化し、企業間の分業関係が再設定される時、企業間で分散化した知識をどのように統合するか、すなわち知識の統合化プロセスを理論的・実証的に検討した研究である。

一般に製品アーキテクチャとは、製品設計思想のことであり、製品の機能設計要素と構造設計要素の関係、あるいは構造要素間のインターフェース(結合部分)をどのように構築するかに関する、設計者の基本構想のことである。アーキテクチャの基本タイプ、その強み弱み、あるいは取引形態、組織構造、組織能力、経営戦略、情報技術などとの相互連関については、90年代以来、内外の社会科学領域において、理論的・実証的研究が進みつつある。

本論もその研究の流れに沿った研究であるが、これまでの研究がやや静態的なアプローチ、つまり所与の完結したアーキテクチャが持つ特性に対する考察に偏っていたのに対し、本論文は、モジュラー型アーキテクチャ（構造要素の機能完結性、インターフェースの標準性といった特性を持つ設計思想）へ向かう「アーキテクチャの変化」のプロセス、すなわち「モジュール化」を対象とする。とりわけ、モジュール化に先立って必要となる「知識統合プロセス」に焦点を当てている。

より具体的には、製品に関する知識が複数企業（例えば組立企業と部品製造企業）の間に分散している場合、とりわけ製品アーキテクチャの変更に伴って企業間分業の境界性を再設定する必要がある場合、製品全体の要素連関に関する「システム知識」と、要素特殊な「コンポーネント知識」を企業間で再統合するプロセスが先行する必要があると主張する。自動車部品のモジュール化を、実証分析の対象として選択し、複数の企業、品目において事例分析を行っている。

本論文は、3部8章の構成となっている。その概要は以下の通りである。

第1部〈序論〉の第1章はイントロダクションで、問題設定と論文の構成に言及している。ここでは、モジュラー・アーキテクチャへの変化、すなわち、システムの機能・構造の再配分、切り分け方の再設定といったアーキテクチャの変化を「モジュラー化プロセス」

として捉え、それがコンポーネント知識の再統合、システム知識の再編成を必要とすることを指摘する。

一方、産業界で言われるところの「モジュール化」は、これと似て異なる概念であることを示す。すなわち、自動車産業における実態としての「モジュール化」の特徴は、機能完結性は二の次として、構造一体の大モジュール(サブアッセンブリー)を外注化することである。この動きに応じて欧米の大手サプライヤーは合併により巨大化した。アーキテクチャの変化を伴わないものが多く、経済的な成果も限定されたものが多かった。本論の論点を先取りするならば、アーキテクチャ転換としての「モジュラー化プロセス」と、実態としてのいわゆる「モジュール化」の間のこのずれが、実際のアーキテクチャの進化に意図せざる重要な影響を及ぼす、という点が、本論の中心的な指摘の一つである。また、製品に関するシステム知識やコンポーネント知識が複数企業に分散している場合、特定の製品アーキテクチャの変化に対する組立企業と部品企業の戦略は必ずしも一致せず、また、結果としてのアーキテクチャの変化は、個々の企業の計画を超えた創発的なものになりうることをも示唆している。

第2章は先行研究の文献調査である。まず、アーキテクチャ論の研究の流れと基本概念について分析する。アーキテクチャの変化はそれ自身がイノベーションであること、イノベーションにおいて外部組織の知識の利用が重要であること、などを指摘した上で、アーキテクチャを製品の機能階層と構造階層の対応関係と規定し、アーキテクチャをモジュラー型の方へ変化させること、つまり準分解可能なモジュールに機能分割・構造分割しなおすことを「モジュール化プロセス」と規定する。

次に、サプライヤー・および製品開発論の関連文献、とりわけ企業間分業の再設定と製品開発に関する知識論に焦点を当てる。日本型サプライヤーシステムの諸特性が指摘され、製品開発知識には「システム知識」と「コンポーネント知識」の別があることを示す。また、外部知識の獲得経路として提携と合併があると指摘する。

以上の先行研究から、アーキテクチャ類型、組織構造、企業間関係、イノベーション類型の間の静態的適合関係の研究があること、アーキテクチャと製品開発知識の間にも静態的な関係がみられること、製品開発知識がサプライヤーシステムに階層的に分散していること、欧米自動車産業のサブアッセンブリー外注を重視するモジュール化と、設計改善を重視する日本のそれとは方向性が異なること、などが分かったが、これを「製品アーキテクチャの変化が分業関係や知識獲得に与える動態的な影響」に関する分析に展開する研究は希薄であったと指摘する。

次に、分析枠組および研究方法を示す。ここでは「モジュラー化プロセス」を、単純な製品アーキテクチャの変更ではなく、生産・企業間関係・製品アーキテクチャ、それぞれに関する階層構造の変化が複雑に関連しあう「複合ヒエラルキー」の相互適応プロセスととらえる。つまり、製品アーキテクチャの変更、企業間分業の再設定、知識の境界の相互浸透が同時に起こるプロセスである。そこでは、アーキテクチャ変化と組織形態の不適合

化、知識の階層的分散(システム知識は自動車メーカー、コンポーネント知識はサプライヤー)が常態であり、アーキテクチャと分業関係を押し付ける自動車企業側と、それに応じた評価・管理能力の構築を行うサプライヤーの思惑が錯綜する。こうした動的な枠組を採用する。

以上を踏まえて、第2部〈第3～第6章〉は実証分析編である。

本論は、これ以後、実証分析に入る。

第3章は、アンケート調査をベースにした、モジュール化に関する実態把握である。日本の自動車部品企業に対する2回のアンケート調査から、アーキテクチャおよび分業パターンの経時的変化を把握している。ここで、欧米の「サブアッセンブリー外注」とは異なり、部品共通化、機能統合化・複合化、構造一体化といった設計改善が重視されていることを確認する。また、これに連動して自動車メーカーとサプライヤーの共同開発の早期化・緊密化、後者の責任拡大、他サプライヤーとの開発連携強化が顕著である。つまり、企業間の関係は、かえって緊密化しているのである。

第4章では、こうした統計分析を踏まえて、サプライヤー間の協業開発により機能統合モジュールを開発した事例分析として、燃料ポンプモジュール(本田系)とセンタークラスタ・モジュール(トヨタ系)の開発事例を記述・分析している。しかし、これらのケースでは、サプライヤー相互の調整力不足、および知識の分散ゆえに、サプライヤーにとってのメリットは大きくなかったと結論付ける。つまり、サプライヤーは、十分なシステム知識を獲得することが出来なかったのである。

一方、第5章と第6章は、サプライヤーがシステム知識を獲得し、ある程度有効な機能統合モジュール開発を成功させた事例をみている。まず第5章では、日産自動車とカルソニックカンセイ(部品メーカー)の間でのモジュール化と分業再設定を記述・分析する。これは、サプライヤーの合併と自動車メーカーの連携がシステム知識の獲得に資したケースである。

日産では、コックピット、フロントエンドなどのモジュール化(構造一体化)、モジュール・サプライヤーの担当範囲の拡大、生産におけるモジュールサブ組立ラインとモジュール検査工程の新設が相互に関連しつつ進んだ。これに伴い、サプライヤー側にはコンセプト共有、モジュール開発・生産、提案の組織能力が要求されるのだが、これに対してカルソニックカンセイ(CK)は、2社の技術補完的な合併により2つのコンポーネント知識を統合化し、モジュール統合センターを新設し、機能横断的开发チーム(DP)や開発リーダー(モジュール推進主管)を設け、対顧客提案力、先行開発能力、機能統合力を強化した。

また、モジュール知識を獲得し統合するために、システム知識を持ったカーメーカー出身人材の活用、システム知識の外部学習、プロジェクトへの知識移転といった仕掛けを設けた。そうした中で実際に設計用の再結合により、モジュールのアーキテクチャが進化した。生産面の組織能力も、日産との同期化、柔軟性、品質作りこみなどにおいて高度化した。こうして、カーメーカーの設計モジュール化方針に応じて、分業構造、生産構造が変

化し、これに対応してサプライヤーが合併や組織再編によって必要な知識や能力を構築する、複合的かつ動的な組織間関係が確認された。また、こうしたサプライヤーの事後的な能力構築によって、カーメーカーの当初の戦略的意図を超える形で、日産と CK 社との間の緊密な関係が再構築されたことが指摘される。

第 6 章では、マツダと部品メーカー D 社を取り上げる。ここでは、自動車メーカーとサプライヤーの連携により、サプライヤーが機能統合モジュール開発に必要なシステム知識を獲得していくプロセスが示される。マツダは伝統的に生産合理化(サブアセンブリー型モジュール)と設計合理化(機能統合モジュール)を指向するモジュール化に強く、提携先フォードと連携した世界最適調達と地場モジュールメーカー育成を同時に行った。マツダの場合、特に高強度樹脂化という材料技術が機能統合モジュール化の推進力となっている。これに対し、サプライヤーの D 社は、マツダと共同開発体制を組み、主に生産技術上の貢献をしている。また、生産面でも、メインラインの短縮化、サブ組立ラインでの工数変動吸収、作業性向上が進んでいる。つまり、ここでも設計、生産、企業間分業におけるモジュール化が同時に観察される。特に近年は、CK のケース同様、生産モジュール化(サブアセンブリー)から設計モジュール化(機能統合)へ重心がシフトしている。一方、D 社も、分業再設定に応じて、品質保証、製品開発の両面で能力構築を行い、機能統合モジュールの開発に必要なシステム知識を獲得したのである。

第 3 部〈第 7 章、第 8 章〉は、結論と今後の展望である。第 7 章では、以上の事例を総括し、結論を導き出す。第 1 に、アーキテクチャ変化としてのモジュラー化プロセスは、特に知識が複数企業に分散している場合、各社の計画に従って一定方向に進むとは限らず、紆余曲折を伴って創発的かつ複雑な経路をたどることがあると主張する。例えば、「モジュラー化」は当初、単純にサブアセンブリー納入単位を大きくするという取り組みから始まったが、自動車メーカーとサプライヤーの創発的な相互作用の結果、アーキテクチャの面では、自動車のモジュラー・アーキテクチャ化ではなく、モジュール内部のレイヤーでのモジュラー・アーキテクチャ化が進んだと指摘する。これは当初の計画には無かった結果である。

第 2 に、知識が企業間に分散した状況においては、アーキテクチャのモジュラー化に先立って「知識の統合化プロセス」が必要である、という一見パラドキシカルな現象が指摘される。モジュラー化とは本質的に「企業間分業の再設定」でもあり、アーキテクチャのモジュール化はサプライヤーの新知識獲得、組織学習・能力構築といった対応戦略を伴うのである。モジュール統合を念頭においた部品メーカー間の合併においても、知識統合が重要な成功要因であることが示唆される。

また、モジュール化においては、モノの面での企業間分業の境界が、知識の境界とはずれることを指摘している。モジュールメーカーは、分業における守備範囲を超えて、カーメーカーのシステム知識も重複して保持している必要があるのである。

実践的な含意としては、まず自動車企業(買い手)としては取引相手である部品企業の知識

や能力の把握、部品メーカー(売り手)としては評価能力と顧客ニーズ把握能力の向上がある。要するに、企業間の知識の相互浸透である。

最後に、事例の追加、企業間提携の分析、長期調査、他製品との比較など、今後の課題を挙げている。

本論文の概要は以上の通りであるが、これに対する本委員会の評価は以下の通りである。まず、アーキテクチャのモジュラー化という、近年研究の蓄積の著しいテーマの研究ではあるが、複数の企業がアーキテクチャの変化に関与し、その間において製品設計知識が分散している場合を取り上げた点に新しい視点を見出すことが出来る。とりわけ、モジュラー・アーキテクチャへの変化に、知識の統合化プロセスが先行する必要があることを、詳細な実証分析を通じて明らかにしたことは、この分野の研究に対する新たな貢献として評価できる。

また、そうした複数の企業の相互作用によってモジュール化が進む場合、各企業の利害や思惑の相互作用により、各企業の当初の意図とは異なる形で製品のアーキテクチャが変化する可能性のあることを、実態に即して示したことも、新しい知見である。本論文により、設計論を原点とするアーキテクチャ論と、システム創発を重視する進化論的な視点とが、はじめて明確な形で融合したとみることができる。

むろん、本論にも課題は多い。例えば、トヨタ自動車、本田技研など、いわゆるモジュール化には慎重であった企業が高いパフォーマンスを出す傾向があったことが知られているが、こうした企業のケースが充実していない。他の産業との比較分析の視点も欲しい。要するに、一般化可能性に一定の課題を残している。さらに、業界で使われている「モジュール化」概念や、アーキテクチャ論における「モジュラー・アーキテクチャ化」など、類似した概念が錯綜する中、本論は、その複雑なプロセスをよくフォローしているが、いまだ概念の整理(例えば構造一体モジュールと機能一体モジュールの関係など)は完全とはいえないかもしれない。

こうした問題は残すものの、本論文は、従来やや静態的な適合性分析が多かったアーキテクチャ関連の経営学研究に対して、動的な分析枠組、および企業間の相互作用という創発的な視点を導入した点で新しく、学界への貢献は十分にあると考えられる。以上のような評価をもって、本審査委員会は、本論文を、本学大学院経済学研究科の課程博士論文として十分な水準に達するものと認めることで、合意に至った。

以上