

アーキテクチャにおける統合化とモジュール化

The Integrated and Modular Product Architectures

城川 俊一

Shun-ichi Kigawa

目次

1. アーキテクチャによる産業分類
 1. 1 「製品アーキテクチャ」の統合化とモジュール化
 1. 2 製品アーキテクチャのダイナミックス
 1. 2. 1 製品アーキテクチャのダイナミックスの事例
 1. 1. 2 製品アーキテクチャのダイナミックスの理論
2. 組織のアーキテクチャ（組織能力）の統合化とモジュール化
3. 組織間アーキテクチャの統合化とモジュール化
4. まとめと今後の課題
5. 参考文献

1. アーキテクチャによる産業分類

アーキテクチャとは、「構成要素間の相互依存関係のパターンで記述されるシステムの性質」である (Ulrich[1995])。まず始めに、藤本[2004]の「アーキテクチャの産業論」についてその概略を説明する。企業間関係の統合化とモジュール化を論じるには、どの産業で統合化が必要で、どの産業がモジュール化により競争優位を獲得するか の判定・診断が戦略的に重要である。

モジュラー化とは、システムを構成している要素間の相互関係に見られる濃淡を認識して、相対的に相互関係を無視できる部分をルール化されたインターフェースで連結しようとする戦略である。その結果、システムは、相対的に独立な構成要素群（モジュール）の集合体として認識されることになる。それに対して、統合化とは、逆に要素間の複雑な相互関係を積極的に許容して、相互関係を自由に開放して継続的な相互調整にゆだねる戦略である。その結果、システムは、構成要素が複雑に関連したものとして認識されることになる。アーキテクチャを把握する2つめの視点は、オープン化とクローズ化である。これはシステムの性質自体というよりは、むしろシステムの性質に関する社会的コンセンサスの程度を示すものである。オープン化とは、システムの構築、改善、維持

に必要とされる情報が公開され、社会的に共有・受容される動きを指している。その結果、多くの人がシステムの開発や改善に参加できるようになる。それに対して、クローズ化とは、逆に、そうして情報の社会的な共有・受容が制限される動きを指している（青島・武石[2004]）。

本論では、まず、「製品・工程アーキテクチャ」（以下、「製品アーキテクチャ」とする）の観点から統合化・モジュール化を論じ、次に、「組織アーキテクチャ」の観点から、ついで「組織間関係のアーキテクチャ」の観点から統合化とモジュール化を議論する。最後に、まとめと今後の課題を述べる。

1. 1 「製品アーキテクチャ」の統合化とモジュール化

「製品アーキテクチャ」とは、「どのようにして製品を構成部品に分割し、そこに製品機能を配分し、それによって必要となる部品間のインターフェース（情報やエネルギーを交換する「継ぎ手」の部分）をいかに設計・調整するか」に関する設計構想のことである（藤本[2004]）。代表的な分類として、「インテグラル（統合）型」と「モジュラー（組み合わせ）型」の区別、「クローズ（閉）型」と「オープン（開）型」の区別がある（Ulrich[1995], Fine[1998], 藤本[1998], Baldwin and Clark[2000]）。

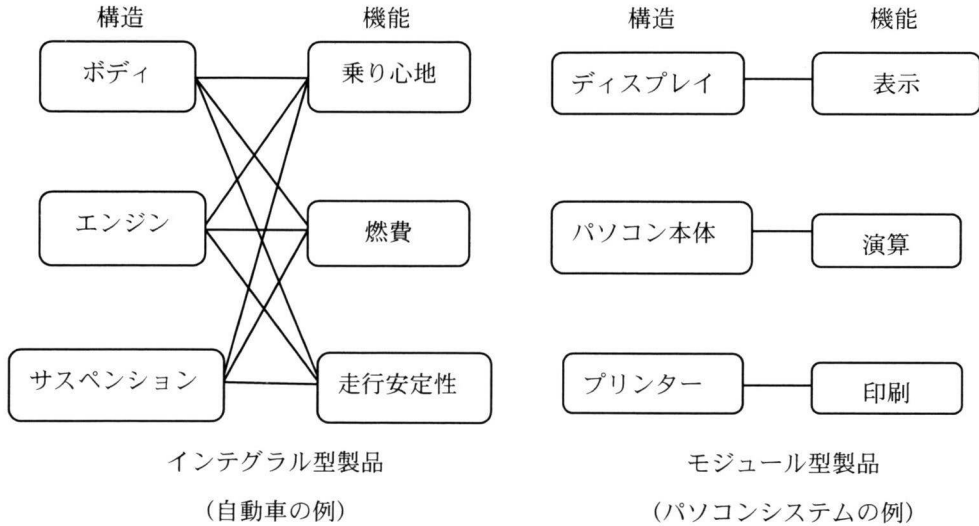
（1）インテグラル（統合）型製品アーキテクチャ

「インテグラル（統合）型製品アーキテクチャ」の製品とは、機能群と部品群との関係が錯綜しているものを指す。つまり、「インテグラル（統合）型製品アーキテクチャ」の製品とは、部品間の設計の微妙なバランスや摺り合わせ・調整が製品全体の機能群に大きな影響を及ぼす製品である。例えば、図1-1の左に示したように、自動車では、「乗り心地」という1つの機能を実現するために、ボディ、エンジン、サスペンションなど、多くの部品群が関係する。また、逆に1つの部品が多くの機能を担っている。例えば、ボディは、乗り心地、燃費や走行安定性など、複合的な機能を持つ。

（2）モジュラー（組み合わせ）型製品アーキテクチャ

「モジュラー（組み合わせ）型製品アーキテクチャ」の製品とは、機能と部品（モジュール）との関係が1対1に近く、スッキリした形をしているものを指す。つまり、「モジュラー（組み合わせ）型製品アーキテクチャ」の製品とは、あらかじめ別々に設計された部品やコンポーネントを事後的に組み合わせることで十分な機能を実現できる製品である。例えば、図1-1の右に示したように、パソコンでは、表示、演算、印刷といった機能はそれぞれ独立しており、ディスプレイ、パソコン本体、プリンターなどの各コンポーネントと1対1で対応している。その結果、各コンポーネントは独立に設計・開発することが可能で、使用する際にはそれぞれ組み合わせて、インターフェースなども比較的シンプルで、USBなどで接続すれば、十分な機能を発揮する。

図1-1 2タイプのアーキテクチャの「構造—機能関係」



(出所) 藤本[2004]、p.125. の図10を改変

(3) クローズ（閉）型製品アーキテクチャ

「クローズ（閉）型製品アーキテクチャ」の製品とは、部品間のインターフェース設計ルールが基本的に1社内に閉じているものを指す。例えば自動車の場合、各部品の詳細設計は外部のサプライヤーに任せることもあるが、インターフェース設計や機能設計などの「基本設計」部分は1社で完結している。乗用車やオートバイは、クローズ型かつインテグラル型製品アーキテクチャの製品の典型である。また、IMB360メインフレームコンピュータやおもちゃの「レゴ」は、クローズ型かつモジュラー型製品アーキテクチャの製品である。

(4) オープン（開）型製品アーキテクチャ

「オープン（開）型製品アーキテクチャ」の製品とは、基本的にはモジュラー製品であって、なおかつインターフェースが企業を超えた業界レベルで標準化した製品のことを指す。したがって、企業を超えた「寄集め設計」が可能であり、異なる企業から品質の良い部品を集めて組立てれば、複雑な「擦合せ」なしで、ただちに機能性の高い製品が作れる (Fine[1998], 国領[1999])。

以上の分類は、図1-2にまとめられる。図1-2のマトリックス左上の「クローズ/インテグラル型」には自動車、オートバイ、一部の「軽薄短小」型家電などが入る。またマトリックス右上の「クローズ/モジュラー型」にはレゴ、IBM360、標準型工作機械などが入る。またマトリックス右下の「オープン/モジュラー型」には自転車やパソコン、パッケージソフトなどが入る。

図1-2 製品アーキテクチャの基本タイプ

		インテグラル (摺り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
(囲い込み) クローズ		自動車 オートバイ 小型家電	汎用コンピュータ 工作機械 レゴ (おもちゃ)
	(業界標準) オープン		パソコン パッケージソフト 自転車

(出所) 藤本[2004]、p.132. の図11

1. 2 製品アーキテクチャのダイナミクス

1. 2. 1 製品アーキテクチャのダイナミクスの事例

この節では、ハード・ディスク業界における製品アーキテクチャのダイナミクスを扱った Christensen[1997]の実証研究からの事例に基づき、1. 1における産業分類もダイナミックに変化することを説明する。

ハード・ディスクの技術は、大型コンピュータの14インチ・ディスクに始まり、次にミニ・コンピュータ用の8インチ・ディスク、パソコン用の5インチ・ディスク、3.5インチ・ディスクと世代交代していった。その原因は、新たに出現する「破壊的技術」が単価、性能において優れていたからである。これを、アーキテクチャのダイナミクスの視点から考えてみる(Christensen et al.[2002])。

技術の初期には、機器の性能が市場の要求を十分に満たしていないので、ハード・ディスクの完成度を上げるために、すべての部品を一体生産するインテグラル型の製品アーキテクチャが有利になるが、技術が成熟すると、ディスクとヘッドなど個別の部品だけを低価格で生産するモジュール型の製品アーキテクチャが出現し、水平分業によってコストダウンを実現する。しかし、製品アーキテクチャの競争は、かならずしもインテグラル型からモジュール型へと一方向へと進むわけではない。その意味では、製品アーキテクチャの進化として捉えることはできない。ハード・ディスクの世代交代の例では、ある世代の初期には物理的な限界に挑戦するためにインテグラル型の製品アーキテクチャを採用して開発され、技術がコモディタイズ(日用品化)するにつれて新規参入やコスト競争によってモジュール型の製品アーキテクチャが採用され、世代が変わると再びインテグラル型の製品アーキテクチャになるというスパイラスが見られる。

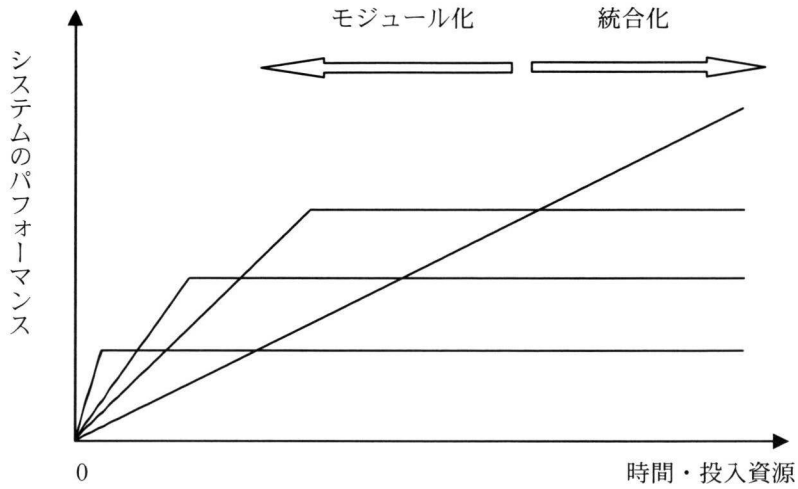
次に、以上の様なダイナミックスを半導体露光装置と工作機械で見てみよう（中馬宏之[2002]）。半導体露光装置は、従来、日本企業が得意としてきたインテグラル型の製品アーキテクチャの究極に位置しているが、モジュール構造を「売り」にするオランダ・ASML社の製品に90年代後半にシェアを奪われつつある。ASML社の「モジュール型露光装置」は、深刻な半導体不況下で存亡の危機にあった同社が、長期的にグレードアップ可能なマシンを提供することによってデバイスメーカーの投資効率を高めることを狙った戦略的商品であった。しかし、その後の製品展開を見ると、このモジュール化構想は、長期的にグレードアップ可能なマシンを提供するという最終ゴールには繋がらず、むしろニコン、キャノンに比べ大幅な生産リードタイムの短縮に貢献した。半導体露光装置の基幹ユニットで所定の精度が出ていても、それらを単に組み合わせただけでは最終精度が出ない、という意味で本来インテグラル型の製品アーキテクチャである半導体露光装置は、完全なモジュール構造にすることはきわめて難しい製品である。基幹ユニットの組み合わせにより最終動作性能をだすための各種パラメータ調整には、熟練の技術者の高度な「摺り合せ」技術が必要である。しかし、現実にはそのような高度な能力を有している現場の技術者を獲得することは困難である。特に欧米のように「ものづくり」能力が日本ほど高くない場合には、徹底したモジュール化を企図するASML型の設計思想を取るのが合理的である。しかし、現在、各社がしのぎを削る次世代のF2レーザー露光装置では、半導体露光装置の物理的限界（特に光学的限界）に近づくにつれて、投影レンズユニットを主な原因とする交互干渉問題がより深刻化してきて、徹底したモジュール化戦略が取れず、再びインテグラル型のアーキテクチャを採用しなければ、納期の短縮が望めない状況になってきた。

1. 2. 2 製品アーキテクチャのダイナミックスの理論（青島・武石[2004]）

製品システムや生産システムのアーキテクチャは、時代とともにダイナミックに変化している。それは、1つには、前節の事例で見た様に、時代とともに統合化とモジュラー化の相対的優位性が変化しているからである。図1-3は、モジュラー化や統合化の動きが製品システムのパフォーマンスとどのような関係にあるかを図式化したものである。例えば、縦軸のパフォーマンスとして、製品の性能や品質が考えられる。横軸は、製品システムを開発したり改善したりする際に必要な時間もしくは投入資源を表している。製品開発でいえば、リードタイムや開発工数がこれにあたる。モジュール化のメリットは、各モジュールの独立性によるシステム進化のスピードが速くなることである。モジュール化のデメリットは、モジュール化に付随するインターフェースのルール化により、システムが達成できる最大パフォーマンス・レベルが一定の水準に固定されることである。図1-3でモジュール化を表す左側に位置する線ほど直線の勾配が急で（進化のスピードが速く）代わりに軸と並行する線のパフォーマンス・レベル（最大実現可能なパフォーマンス・レベル）が低

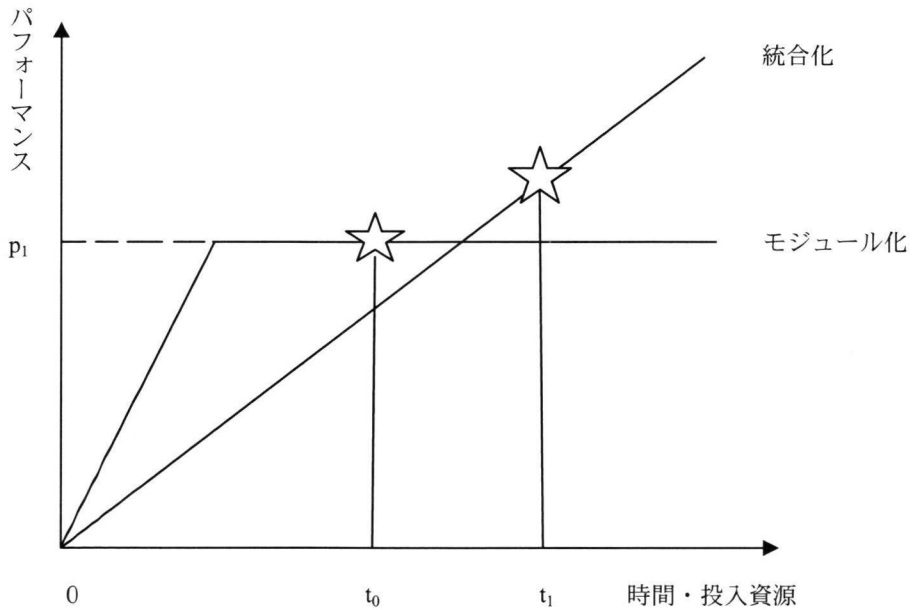
い水準になっている。一方、極端に統合化されたシステムでは、メリットとしては、構成要素に自由な相互作用がゆるさされているために、実現可能な最大パフォーマンス・レベルは限りなく高いが、デメリットとして、構成要素間の調整の複雑さゆえにパフォーマンス・レベルを上げるのに多大な時間がかかる。そのことは、図1-3では統合化に対応する直線の傾きが他のモジュール化の傾きよりも小さいことで示されている。図1-4は、モジュラー化と統合化の相対的優位性が、システムの開発や改善に投入することができる時間と資源の量に依存することを表している。図1-4では、時間と投入資源が t_0 に制限されている場合には、モジュラー化が優位な戦略となる。一方、時間と投入資源が t_1 である場合には、統合化が優位な戦略となる。変化が速くスピードが要求されるほどモジュール化が優位になることは、現実にも、製品のライフサイクルが速くなってきた時期とモジュール化が注目される時期が一致していることや、情報技術にかかわる製品においてモジュール化が注目されることなどを見ても、図1-4に示されたことの妥当性がわかる。図1-4が示しているもう1つの事実は、市場で要求される絶対的パフォーマンス水準が、ある水準 p_1 を超えてしまうと、時間や資源の有無にかかわらず、統合化に向かわざるを得ないということである。つまり、その時点で従来のモジュール化の在り方は根本的な見直しを要求されることになる。このことは、1.2節で述べたハードディスクの製品アーキテクチャが、インテグラル型→モジュラー型→インテグラル型とスパイラルに変化した事例にも示されている。

図1-3 モジュール化と統合化の関係



(出所) 青島・武石[2004]の図2-3から引用

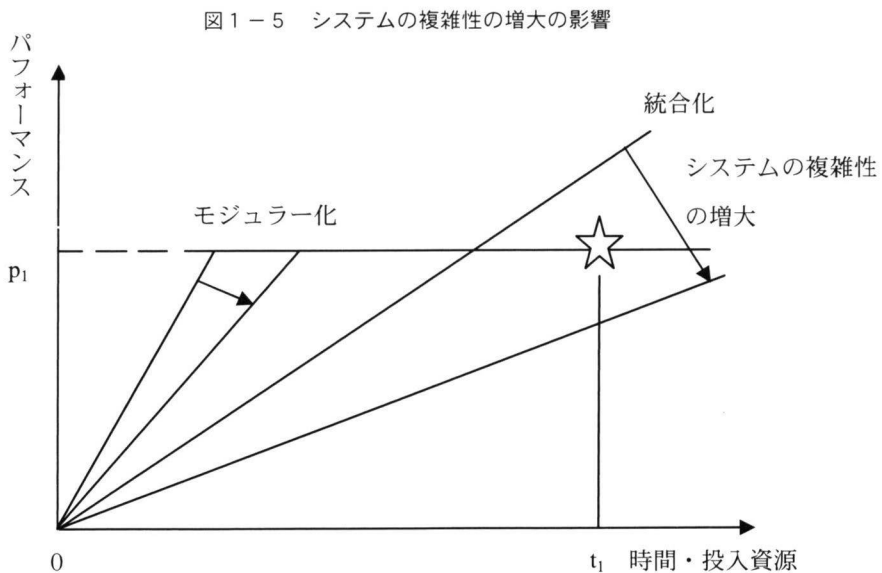
図1-4 時間・投入資源と絶対的パフォーマンス水準の影響



(出所) 青島・武石[2004]の図2-4から引用

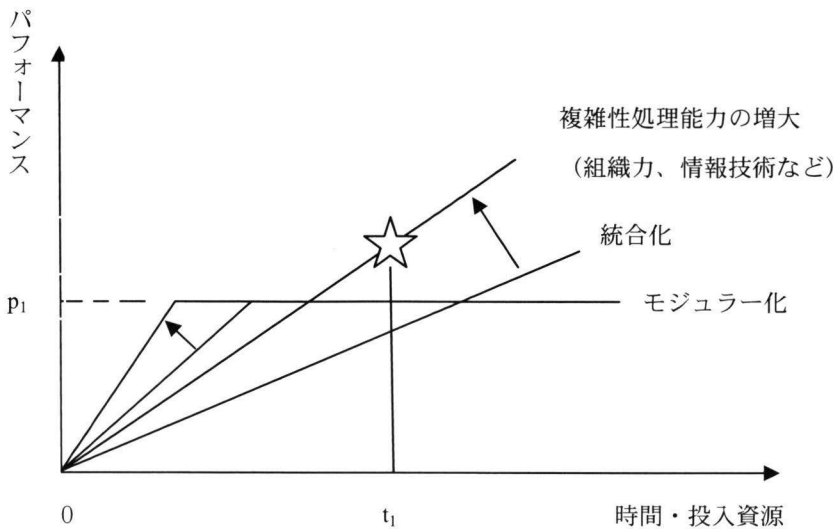
統合化とモジュール化の相対的優位性を既定しているのは、いままで述べた「時間・投入資源」

と「要求パフォーマンス水準」の2つの要素だけではない。図1-5はもう1つの要因として「システムの複雑性」の影響を図式化している。システムの複雑性が增大すると処理すべき相互作用の数が増えるため、システムのパフォーマンスを上げるために要する時間と資源が従来以上にかかり、かつその複雑性を縮減する能力に変化がなければ、図1-5の統合化の直線の傾きは小さくなり、もし時間と資源が t_1 の水準にあるなら、統合化のかわりにモジュール化が優位になる。それは、システムが複雑になるとすべての構成要素の変動を許すようなインテグラル型製品アーキテクチャでは相互作用の調整に膨大な時間と資源がかかってしまうからである。このような場合は、構成要素間の関係を事前のデザイン・ルールによって事前に複雑性を縮減しておく必要があるのでモジュール型製品アーキテクチャが優位になる。しかし、システムの複雑性が増大した場合に、複雑性を処理する方法としてモジュール化以外の戦略が取れば、事情が異なってくる。システムの複雑性を縮減する他の方法とは、例えば、個人の能力や組織の能力、情報技術といったものである。このことは、図1-6で示される。複雑性の処理の増大は、直線の傾きが急になることによって示されている。それは、システムを開発する個人の能力が高まれば、より短い時間と少ない資源とで高いパフォーマンスを達成できるからである。従って、与えられた時間と資源に図1-4と同様に変化がなく t_1 で、図1-5で示された増大したシステムの複雑性により低下した傾きをもとに位置に回復させる複雑性の処理能力の増大によって、再び、図1-4の様に、統合化の優位性が回復する。



(出所) 青島・武石[2004]の図2-5から引用

図1-6 複雑性処理能力の影響



(出所) 青島・武石[2004]の図2-6を改変

2. 組織のアーキテクチャ（組織能力）の統合化とモジュール化

前述したごとく、製品アーキテクチャとは、製品など人工物の設計における、諸要素間の相互依存性に着目した概念である。したがって、製品アーキテクチャが異なれば、その製品の設計開発を行う企業に必要な業務プロセス、組織構造、組織能力などの在り方に影響を及ぼすと考えられる。つまり、複雑な相互依存性を持つインテグラル型の製品アーキテクチャの設計・開発をする組織プロセスは、より緊密な相互連携や濃密なコミュニケーションを必要とするし、組織構造も、部門間の緊密な相互調整のメカニズムが必要であり、またそれらを支える組織能力も、統合重視のものが必要である。一方、事前に設定されたデザインルールに従って、機能完結的なモジュールを寄せ集めて全体システムの機能を実現できるモジュラー型製品アーキテクチャと相性が良い組織能力は、個々の製品要素を正しく選ぶ「選択眼」である（藤本・延岡[2003]）。

以上は統合能力と選択能力について、製品のアーキテクチャに着目して整理したものである。したがって、基本的には生産・開発事業者の組織能力である。しかし、現代の製造企業は、複数の事業を持った構造をしている。そこで企業全体としての企業レベルの組織能力を別途考察する必要がある。企業レベルの統合能力としては、複数事業統合能力が代表的である。複数事業統合能力は、企業全体の統合的な多角化戦略に対応し、事業間のシナジー効果を活用できる能力である。さらに開発プロジェクト間の相互依存性を統制する「マルチプロジェクト統合能力」（延岡[1996]）、複数製品及びマーケティング要素の間のコンセプトの一貫性を保持する「ブランド構築能力」（片平

[1997])、生産・開発を含む事業要素全体をまとめて儲かる事業システムを構築する「事業モデル統合能力」(加護野[1999]、青島・武石[2001])などがある。一方、企業レベルの選択能力としては、多角化企業を構成する個々の事業のうちベストのものを選択する組織能力であり、そのための、事業への参入、撤退、買収、売却など柔軟な事業構造の変革能力である(藤本・延岡[2003])。

以上の議論は、製品アーキテクチャによって組織のアーキテクチャが変化するという議論であった。しかし、どの製品アーキテクチャが最適であるかの基準が、事前に明確でない場合には、組織がどの製品アーキテクチャが最適であるかを判断できず、その時の組織能力に合った製品アーキテクチャが選択される。その様なケースを福澤(2008)によるリコーのデジタル複合機におけるファームウェアの開発事例から見てみることにする。

リコーは、アナログ複写機時代から高い市場シェアを維持しており、複写機を本業としてきたので、開発組織における部門間調整の在り方も複写機開発部隊が中心となっており、デジタル複合機のための組み込み型ソフトウェアであるファームウェア・アーキテクチャを開発する際にも、本業である複写機能を中心としたアーキテクチャが志向された。既存の中核的なハードウェア主体の複写機能に縛られてしまって、複写機能、印刷機能、FAX機能、読み取り機能等の多機能に適した最適のファームウェア・アーキテクチャを選択し開発出来なかった。しかし、最終的には、各機能に関する知識を保有するエンジニアが集まって部門間の相互調整を緊密に行うための組織を設けることで、デジタル複合機のための最適なファームウェア・アーキテクチャの開発のための資源を大量に投資し、従来の中核的な複写機能を開発してきた複写部門の意見に縛られずに、最適なファームウェア・アーキテクチャを選択できた。

3. 組織間アーキテクチャの統合化とモジュール化

自動車などの加工組立製品の場合、ある製品に関わる生産資源のすべてを単一の企業でまかなうことはない。例えば、自動車の場合、自動車メーカーに一次部品サプライヤー、二次部品サプライヤー、素材メーカー、設備メーカーなど様々な外部企業が参加している。このような企業間システムの構造の境界線は、ある生産要素のどこまでを内製化し、どこから外部化するのかの内外区分によって決まる。従来、日本の企業間システムにおいては、「系列」(発注企業による部品サプライヤーへの出資と役員派遣や、そうした資本的・人的関係に基づく継続的關係)を「日本型サプライヤー・システム」(ベストプラクティスを表す理念型)と同じものとして扱ってきたが、藤本(2002)は、それらを区別すべきであるとしている。ここで、「日本型サプライヤー・システム」とは、次の3つの特性を持ったものである。

- (1) 部品メーカーとの安定的な長期継続取引であり、これにより企業間の協調的關係の形成、情報共有の促進、システム全体の改善、競争力向上に寄与する。Asanuma(1989)らの議論に

よれば、各自動車メーカーとその系列の一次部品サプライヤーの間には、長期安定的な取引関係が存在し、有力部品サプライヤーが製品開発段階から参加するなどして「関係特殊的技能」を蓄積してきた。この議論から示唆されて、伊藤（2002）は、自動車メーカーと距離的に近く、技術知識を共有できるような部品サプライヤーの事業者の生産性が上昇する、ということを一二次部品サプライヤーの事業者のTFP成長要因についての回帰分析から実証した。

(2) 複数の部品メーカーが、価格のみならず技術力・設計力・改善能力等を多面的に評価されることを通じて、カテゴリー（例えばヘッドランプ）ごとに平均2～3社のサプライヤーが個別案件ごとに厳しい受注獲得競争を行う。

(3) 発注企業（組立メーカー）が、相互に関連した活動（部品加工とサブ組立、製造と検査、生産と開発等）を一括して、部品メーカーに外注することで、部品メーカーが長期的な仕上げ能力等を蓄積することが可能になり、安定したコストダウンや品質向上が達成される。

この様な「日本型サプライヤー・システム」については、しかし、藤本(2002)も指摘しているように、歴史的には、高度成長期では、系列＝日本型サプライヤー・システムであり、それなりに歴史的役割を果たしたが、継続的成長が終わった現在は、系列の持つ「出資や役員派遣による関係継続」はかえって成長の足かせになっている。しかし、本論文では、歴史的な視点も考慮して、日本型サプライヤー・システムに系列を含めて議論する。自動車産業の最近の研究では、1990年代以降、既存の「系列を超えた取引」が増えている（延岡[1999]、近能[2001][2003][2004]）。これは、国内自動車メーカーが海外自動車メーカーのグループ傘下に組み入れられるケース（日産、三菱自動車など）や海外の自動車メーカーの低価格車の開発、中国等の低価格部品の活用など部品コスト圧力等により、自動車メーカー側の部品調達戦略が変化したことから、従来に比べ、自動車産業に「オープン化」の波が来ていることによる（植田[2005]、pp.248-249）。

しかし、自動車メーカーがオープン化を志向しているとはいえ、自動車製品がクローズ・インテグラル型の製品アーキテクチャを持った製品である以上、重要な部分については、自動車メーカーは、クローズ・インテグラル型で、また他の部品ではオープン化というように、両立で進んでいくと考えられる。植田（2005）は、近年の中国製造業の急速な成長の要因を安い労働コストや外資系企業の進出に求めるのではなく、中国国内の多様な層の企業の多様なネットワークを活用したモジュール型の生産システムに求める研究（藤本[2003][2004]、関[2003]、渡辺[2003]）を紹介しつつ、「クローズ・インテグラル型製品アーキテクチャ」の典型であると考えられているオートバイでも、同じような現象が見られ日系メカ製品と激しい競争を演じていることを報告している。これを藤本は「疑似オープン・アーキテクチャ化」と呼んでいる（藤本[2004]）。このような状況下で、日系企業が、後発国市場でシェアを獲得していくためには、クローズ・インテグラル型の組織間アーキテクチャという従来型の枠内を超えて、オープン・モジュラー型の組織間アーキテクチャを模索

する方向に発展する必要があると予想される。

次に、半導体産業における組織間アーキテクチャの変化を見てみよう(波多野[2006], pp.46-48)。日本の大手半導体メーカーの特徴は、すべて総合電機メーカーの一事業部であったことである。1980年代の半導体メーカーは、他の事業部門からの豊富な設備投資資金の供給と効率的な「モノづくり能力」の高さにより、DRAMを中心に1986年には米国を抜いて半導体産業で世界のトップ(国籍メーカー別市場シェア)に立った。言い換えると、日本の半導体メーカー各社が、統合型産業の強みを発揮して半導体産業を拡大させた。しかし、1990年代に入ると、ベンチャーキャピタル等による資金調達が容易になり、ICT(情報通信技術)の進化により外部との情報共有が容易になり、株主重視の経営への圧力が高まるなど、世界的に産業界を取り巻く環境の変化が生じた。それに伴い世界の半導体メーカーでも、設計の複雑化により、ファブレス(製造設備をもたず設計のみに特化する企業)の出現、ファンドリー(機動的な設備投資を実施し、「製造」に特化する企業で、ファブレスからのSoC受注のみならず汎用DRAM等の製造も行う)の出現等により製造装置の能力が高度化し、デバイスメーカーが製造装置の開発を単独でかかえ込むことが困難になるような大きな環境変化が生じた。半導体メーカーを取り巻くこのような環境変化により、我国のクローズ・インテグラル型の企業のメリットが薄まり、設計・製造それぞれに特化する企業、製造別の絞り込みを行う企業等、自社のコアコンピタンスに資源を集中する企業が、高い利益率を上げるようになった。

次に、工作機械産業の組織間アーキテクチャを見てみよう(波多野[2006], pp.78-79)。工作機械は自動車同様に作りこみであるが、製品アーキテクチャとしては、クローズ・モジュラー型の製品である。つまり、工作機械は、動力制御部分を除くと技術革新が少ないうえ、きさげ加工(きさげ加工とは、鈍角で巾広の刃先を持つ工具[スクレパーまたは工具自体をきさげと言うこともある]を使って、人が金属表面を削って平らにしていく作業である)等職人的技術がいまだに必要である。また、他の製造業同様、コンピューターによる制御は必須であり、付加価値の高いメカトロニクス領域においては、モジュール化したサーボモーター等の動力部位も含み多くの工作機械メーカーは、外部企業との組織間連携に依存している。したがって、工作機械に占める工作機械メーカーの付加価値分は決して高いとはいえない。しかし、工作機械の真価は個々のモジュール部品ではなく、ユーザー要件を知り尽くしたうえでの加工性能にあり、それらを統合する設計・調達・加工・組立、および調整力が必要になる。

4. まとめと今後の課題

人工物の設計思想であるアーキテクチャを論ずる際に、重要なことはアーキテクチャを製品・工程に関するアーキテクチャ、組織に関するアーキテクチャ及び組織間に関するアーキテクチャを区別することである。本論文では、その様な考えに基づいて、アーキテクチャを論じている。また、

アーキテクチャの分類としての統合化とモジュール化を論じる際に、重要なことは製品・工程、組織能力、組織間関係が、アーキテクチャによって固定的に決定されるのではなく、採用される技術の内容や組織によって、選択されるアーキテクチャ間にダイナミックな競争が起こることである。前者の採用される技術の内容によって、選択されるアーキテクチャが変化する事例としては、本論でハードディスク、半導体露光装置及び工作機械を取り上げた。後者の組織がアーキテクチャを選択する例として、本論ではリコーのデジタル複合機におけるファームウェア・アーキテクチャの開発過程を取り上げた。

組織間アーキテクチャの選択に関して本論で指摘したことで重要なことは、クローズ・インテグラル型の製品アーキテクチャの典型である自動車やオートバイでも、重要な部品では、クローズ・インテグラル型が支配的であるが、他の部品に関してはオープン化の流れが無視できなくなっていることである。今後のこの分野での研究課題としては、本論で取り上げた産業以外、例えば医薬品産業などにおけるアーキテクチャによる分析も行っていきたい。

<参考文献>

1. 青島矢一・武石彰[2001]、「アーキテクチャという考え方」、藤本隆弘・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。
2. 青島矢一・武石彰[2004]「アーキテクチャという考え方」、藤本隆弘他編『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣、所収。
3. Asanuma, Banri[1989] “Manufacturer-Supplier Relationship in Japan and the Concept of Relation-Specific Skill,” *Journal of the Japanese and International Economics* 3, pp.1-30.
4. Baldwin, Carliss Y. and Kim B. Clark [2000], *Design Rules: The Power of Modularity*, Cambridge, MA: MIT Press.
5. Christensen, C.M., [1997], *The Innovation's Dilemma*, Harvard Business School Press. (『イノベーションのジレンマ』、翔泳社。
6. Christensen, C.M., Verlinden, M. and Westerman, G. [2002], “Disruption, Disintegration and the Dissipation of Differentiability”, *Industrial and Corporate Change*, 5: pp.955-993.
7. Fine, Charles H. [1998], *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*, Reading, MA: Peruseus Books.
8. 藤本隆弘[1998]、「アーキテクチャー：競争力確保の重要要素に」『日本経済新聞社』[経済教室] 3月23日。
9. 藤本隆弘[2002]「日本型サプライヤー・システムとモジュール化—自動車産業を事例として」、青木昌彦・安藤晴彦編『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。

10. 藤本隆弘[2003]『能力構築競争—日本の自動車産業はなぜ強いのか』、中央公論新社。
11. 藤本隆弘[2004]「アーキテクチャの産業論」、藤本隆弘他編『ビジネス・アーキテクチャ』、有斐閣、所収。
12. 藤本隆弘[2004]『日本のもの造り哲学』、日本経済新聞社。
13. 藤本隆弘・延岡健太郎[2003]、「日本の得意産業とは何か：アーキテクチャと組織能力の相性」、RIETI Discussion Paper Series 04-J-040.
14. 福澤光啓[2008]「製品アーキテクチャの選択プロセス—デジタル複合機におけるファームウェアの開発事例—」、組織科学、Vol.41.No.3, pp.55-67.
15. 波多野徹編著[2006]『技術競争力白書—技術開発の構造化戦略とナレッジネットワーキング』、PHP 研究所。
16. 伊藤恵子[2002]「自動車産業の系列と集積—『工業統計調査』マクロ・データによる生産性の実証分析」、日本経済研究、No46, pp.103-130.
17. 加護野忠男[1999]、『「競争優位」のシステム—事業戦略の静かな革命』、PHP 研究所。
18. 片平秀貴[1997]、『パワー・ブランドの本質—企業とステークホルダーを結合させる第五の経営資源』、ダイヤモンド社。
19. 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。
20. 近能善範[2001]「バブル崩壊後における日本の自動車部品取引構造の変化」、『横浜経営研究』、第22巻1号。
21. 近能善範[2003]「自動車部品取引の『オープン化』の検証」、『東京大学経済論集』、第68巻第4号。
22. 近能善範[2004]「日産のリバイバルプラン以降のサプライヤーシステムの変化」、『経営志林』（法政大学）、第41巻第3号。
23. 中馬宏之[2002]「『モジュール設計思想』の役割—半導体露光装置産業と工作機械産業を事例として—」、藤本隆弘・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。
24. 延岡健太郎[1996]、『マルチプロジェクト』、有斐閣。
25. 延岡健太郎[1999]「日本の自動車産業における部品調達構造の変化」、『国民経済雑誌』、第180巻第3号。
26. 関満博[2003]『「現場」学者中国に行く』、日本経済新聞社。
27. 植田 浩史[2005]「企業間関係：サプライヤー・システム」、工藤章他編『現代日本企業1 企業体制（上）内部組織と組織間関係』、有斐閣、所収。
28. Ulrich, Karl T. [1995], “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm,” *Research Policy*, 24, pp.419-440.
29. 渡辺幸男[2003]「『グローバル経済』下での国内製造業中小企業の存立展望と中小企業政策への含意」、『大原社会問題研究所雑誌』第540号。