

# デジタル製品における製品アーキテクチャの モジュラー化と分業構造の変容

石 井 健 司

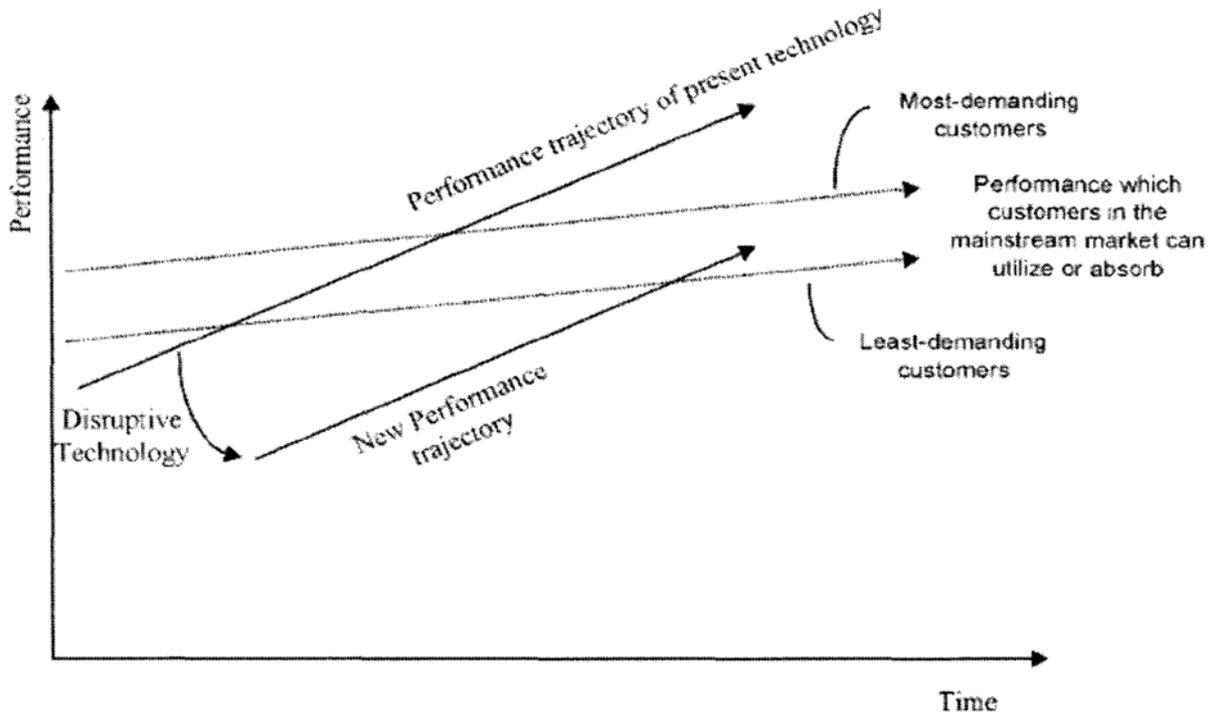
## I. はじめに

デジタル家電をはじめとしたデジタル製品分野において、日本企業は、急激な価格低下と収益悪化により苦戦が続いている。従来、特に家電分野は日本企業の得意分野であったが、アナログ製品からデジタル製品への移行とともにアジア企業の急激な追い上げにより業界の変化が非常に激しくなっている。

本稿においては、これらの変化の背景について、製品アーキテクチャの視点から考察していく。製品アーキテクチャに関する研究は近年盛んになってきたが、それらの多くは、製品アーキテクチャの類型の上からそれぞれの特徴を取り扱ったものである。しかし、現実には、同一の製品カテゴリーであっても、アナログ製品からデジタル製品へ、またデジタル化された製品においても、新たな製品開発の段階から製品自体が成熟し市場で普及する段階へと進むにつれて、製品アーキテクチャは変化する。

新しい製品の開発初期段階では、製品アーキテクチャはインテグラル型であるが、その後、モジュラー型へとシフトしていくのが一般的なパターンである。それではなぜ製品アーキテクチャはインテグラル型からモジュラー型へとシフトしていくのか。Christensen [2002] によれば、それは、製品性能が顧客ニーズを超えることによって、企業の競争要因が製品性能から価格や生産の効率

図1 顧客ニーズと製品性能



(出所) Cristensen 2002

性へと移っていくためである（図1参照）。モジュラー型のアーキテクチャの方がインテグラル型よりも迅速で柔軟な製品開発とコスト削減が可能である。そのため、競合企業が現れ、技術・製品革新の必要性やコスト削減、歩留まり率向上などの要請が強まると、企業自身が、合理的選択の結果としてモジュラー化を推進していくのである。

製品アーキテクチャのモジュラー型へのシフトは、コスト削減のために従来多数の部品の組み合わせで実現されていた機能のモジュラー化や共通化を追求する中で進行していく。企業はモジュールを企業内で内製するか、モジュール専門企業と共同で開発することになる。企業内で進行するそのような過程とあわせて、それらのモジュール自体を供給する外部サプライヤーが出現してくる。

外部サプライヤーの出現は、インターフェースの標準化とそのオープン化によって促進される。企業にとっては、コスト削減のためにアウトソーシング活用の圧力が強くなるが、モジュラー化によってインターフェースの規格が標準

化することでアウトソーシングの効率と効果を高めることができる。インターフェースの標準化が進み、それがオープン化していくことで部品・モジュールの中間財市場が形成されていく。企業にとっては、中間財市場から低価格で高品質のモジュールを調達できるようになり、一層のコスト削減につながる。

このように製品アーキテクチャがモジュラー化することで、中間財の市場化が促進されていくが、中間財市場が形成、発展していくことで製品製造に参入する企業が増加し、製品市場自体が急速に拡大することになる。中間財市場、製品市場が互いに相乗効果を持つことで当該製品の産業が大きく発展していく構造が出来上がる。最近のデジタル家電をはじめとしたエレクトロニクス製品産業の発展の背景には、製品アーキテクチャのモジュラー化が大きく影響しているといえる。

デジタル製品産業を巡る最近の動向は、製品アーキテクチャのモジュラー型へのシフトという視点から概ねこのように整理できるが、それでは、デジタル製品に見られる製品アーキテクチャのダイナミクスは、企業間関係や分業構造にどのような変化をもたらすであろうか。本稿においては、これらの点について製品アーキテクチャのシフトがもたらす変化の深層を掘り下げることで詳しく考察していくこととする。

## Ⅱ. 製品アーキテクチャのモジュラー化と中間財市場の発展

### 1. 中間財市場の形成と発展の要因

インテグラル型の製品アーキテクチャからモジュラー型の製品アーキテクチャにシフトすることによって企業間関係や産業構造がどのように変化するかを考える上で重要な側面は、中間財市場の形成と発展という点である。

モジュラー型アーキテクチャの製品は中間財市場を形成する傾向が強いという特徴を持つ。それは、モジュラー化がインターフェースの規格の標準化とオープン化を伴うからである。規格に沿ったモジュールを専門に製造する企業が生まれる土壌がそこにある。また、企業はコスト削減や生産の効率化のために

モジュラー化を推進するが、そのためにモジュールをアウトソーシングしたり、積極的に市場調達を活用する。その意味では製品製造企業自身が中間財市場の形成を推進しているとも言える。

そこで、まず始めに製品アーキテクチャのモジュラー化がもたらす中間財市場の形成・発展について詳しく見ていくことにしたい。デジタル家電産業における具体的な現象を通しながら、中間財の市場化が進展していく背景やその要因を見ていく。

#### (1)日本企業による部品モジュールの外販

中間財の市場化が進展していく背景にはいくつかの要因がある。その一つは、日本企業が部品・モジュールを外販している点である。日本企業は、デジタル家電製品の生産に必要な部品・モジュールを企業内で生産しているケースも多いが、それらの部品・モジュールを自社の最終製品の製造に使用するだけでなく、部品・モジュール単体で外販するケースも多く見られる。またその逆に日本の有数企業の中にも中核部品を開発・製造せず市場調達に依存しているケースもある。

例えば、ソニーはDSC（デジタル・スチル・カメラ）やDVC（デジタル・ビデオ・カメラ）の基幹部品であるCCD（電荷結合素子）の最大手メーカーであるが外販も行っている。キャノンはこのデジタルカメラの中核部品であるCCDを自社で開発・製造していないため市場でソニーなどから調達している。また、シャープは液晶テレビの基幹部品である液晶パネルを外販しているし、画像エンジンを内製している日本の大手メーカーの中には他のメーカーにそれを供給している企業もある。つまり最終製品を製造販売する日本企業自身が部品やデバイスを外販することで中間財市場形成の役割を担っているのである。

このように日本企業が部品やデバイスを外販する背景にはいくつかの点が挙げられる。

まず第一に、部品自体の収益性が非常に高いため、部品の外販を主要事業と位置づけ推進していることがある。モジュラー化の進展によって最終製品が価

格競争に陥り収益性が低下していくため、企業にとっては部品事業の外販は貴重な収益源となっている。

次に、製品の競争力を高めるためには、特にその製品に使われている基幹部品の競争力を高める必要があり、そのためには基幹部品自体の生産量を増加させる必要がある。しかし、自社消費だけでは、生産量の確保が難しく部品自体の競争力を維持できない場合が多い<sup>1)</sup>。高騰する部品デバイスの開発費を賄い、競争力を高めるには、内部消費するだけでなく外販し、そこで得た利益を基幹部品の開発強化に活用する。そのような意味で外販事業を推進する必要がある。

また、部品の外販には、戦略上の重要な点として、自らの規格を業界標準とするためその普及を図るとの側面もある<sup>2)</sup>。

延岡・伊藤・森田 [2006] は、日本企業における主要モジュールの内製率と市場化の程度の分析から、最終製品を販売する日本企業が、同時に主要モジュールも販売し、その市場化に貢献していることを指摘している。

## (2) デバイス専門企業の参入

中間財市場の形成を牽引している主体は、やはりなんといっても多くの製品分野において部品・モジュールを製造する専門企業が誕生していることである。

これは、モジュラー化に伴いインターフェースの規格が標準化しオープンになることから、部品・モジュールの製造を独立して行うことが可能になるからである。そのためモジュール製造の専門化が進む。

モジュール専門企業が生産するモジュールは、製品製造企業がアウトソーシングする場合など、特定企業の製品向けに供給される専用モジュールの場合もあるが、特定企業の製品に限定されず一般的に広く利用可能な汎用モジュールが多数、市場で取引されるようになってきている。市場で簡単に調達できるこれらの汎用モジュールを組み合わせるだけで容易に製品の製造が可能となる。

さらに、市場で入手可能な汎用モジュールの中には、製品製造の上で事実上の業界標準になっているものも多く見られるようになってきている。ブロードバ

ンド通信向け製品分野におけるBroadcom, 携帯電話通信技術のQUALCOMM, グラフィックス処理分野のNVIDIA, DVDプレーヤーやDVDレコーダー製品分野のMediatekなどである。

これらの汎用モジュールを採用することで, 一定の機能を備えた製品の開発・製造が容易となり, 製品企業の市場参入が容易となる。しかし, 出来上がった製品の違いという意味では他の製品との差別化が難しく, 製品レベルでは価格競争に陥りやすい。

### (3)中間財に対する需要拡大

製品アーキテクチャのモジュラー化は, モジュールの市場調達を可能にするが, モジュールの需要側, すなわち製品を製造する企業側からの中間財への需要が中間財市場を発展させるという側面もある。モジュールを組み合わせるだけで製品化が可能であることから, 多くの企業が当該製品市場に参入してくる。技術力を持たず自社内でモジュールを生産する能力を持たない企業の市場参入圧力が中間財への需要拡大となって中間財市場をより一層活発化させているのである。

また, 多くの企業が参入し商品としての革新性が薄れていくと競合製品との競争上, 製品機能の改良が必要となる。また利益確保のためには競合企業よりも速く製品化を進める必要がある。その意味では製品の開発・製造のスピードが求められる。モジュラー型製品においては, 製品改良の役割を担うのはモジュールにおけるイノベーションであり, さらに製品開発のスピードもモジュールの調達に依存する。すなわち, 製品市場における競争の激化は, そのままモジュール市場, 中間財市場への需要圧力へと直結し, それが中間財市場の一層の発展を促進している。

### (4)システム統合のための知識の市場化

しかし, モジュールを市場から調達すれば簡単に製品化が可能であるかという点, 製品によってはそれだけで十分なケースもあるが, 実際には, 技術力の

ない製品企業にとっては、単なるモジュールの組み合わせだけでは製品化は難しい。それは、モジュラー型のアーキテクチャを持つ製品であっても製品化のためには、当該モジュールを製品に組み込むための知識やノウハウが必要だからである。

延岡・伊藤・森田 [2006] は、これらの製品開発や製造に必要なモジュールの種類やその組み合わせ方に関する知識を「システム統合に関する知識」と呼んでいる。そして、最近では、それらの知識やノウハウまでもが市場化して取引されるようになったことが市場競争に大きな影響を与えるようになったと指摘している。

システム統合に関する知識の市場化には二つのパターンがあるとされる。一つは、主要部品やモジュールの製造・供給企業が、販売促進のために、最終商品へ向けたシステム統合のやり方を提供するケースである。もう一つは、半導体や部品供給と関係なく、システム統合を事業の中心に据える企業によるものである。

前者については、製品の中核となるモジュールを供給する企業が、当該モジュールと共にリファレンス・デザインを提供しているような場合を指す。デジタル製品の中核となるモジュールは半導体をもとに構成されているが、リファレンス・デザインとは、それらの半導体メーカーが製品メーカーに提供する製品の設計図である。リファレンス・デザインをもとにそのまま製品化するだけというレベルにまで完成されたデザインを提供している場合もある。部品・モジュールの購入とあわせて提供される場合もあるが、最近はWEB上に誰でも閲覧できるような形で公開している企業もある。また単なる設計図だけでなく当該半導体を組み込んでキットの形で供給している場合もある。先に挙げたBroadcomやNVIDIAなども積極的にリファレンス・デザインを提供している。

後者については、リファレンス・デザインの開発を専門に行う企業の存在である。携帯電話やデジタルカメラなどのリファレンス・デザインを提供するベンチャー企業が出現してきている。

これらのリファレンス・デザインを用いることで、高い技術力を持たない企

業でも製品化し量産可能である。製品企業にとっては、一定レベルの製品性能とその安定性を確保することができ、さらに設計期間の短縮により製品化期間の短縮にもつながる。しかし、他企業も同様のリファレンス・デザインを採用することを考えると、製品が画一化し差別化は困難である。

## 2. 中間財の市場化と製品市場の発展

これまで見てきた通り、製品がモジュラー化し部品・モジュールの中間財市場が形成されると、システム統合に関する知識さえ市場から入手できるようになるため、製品自体を開発・製造する技術力を持たない企業であっても市場から部品・デバイスを購入し組み合わせるだけで比較的容易に製品を製造することができるようになる。したがって、中間財市場が形成され発展していくのに伴い、製品製造への参入が容易となり、多くの企業が参入し産業が拡大する。

デルやヒューレット・パカード社がデジタル家電分野に進出してきていることに象徴されるように異業種からの参入を含め、既存メーカー以外の新規参入が相次いでいる。実際に、東アジアにおいて特に多くの台湾企業、中国企業がデジタル家電産業に参入してきている背景はこのような現象にもとづくものである。これらの企業は、リファレンス・デザインを活用することで開発費を押さえるとともに安い労働力と組み合わせることで、一定水準の機能を備えた低価格の製品を短期間に製造・販売し、目覚ましい躍進を遂げてきているのである。また日本企業の中にも船井電機やバイデザインなど同様のビジネスモデルで躍進している企業もある。

モジュラー化による中間財の市場化は、製品市場の拡大を促進するが、製品市場の拡大は、中間財市場の発展をより一層促すことにもなる。またそれは製品市場の一層の発展にもつながる。相乗効果によって、産業が大きく発展していくことになる。そしてそれが最近のデジタル家電産業の急激な発展とその変化の速さにつながっている。

### 3. 中間財市場の発展が意味するもの

#### (1)イノベーションの主体のシフト

次に、このような中間財市場の形成とその発展がデジタル製品産業にどのような変化をもたらしつつあるか考えていきたい。

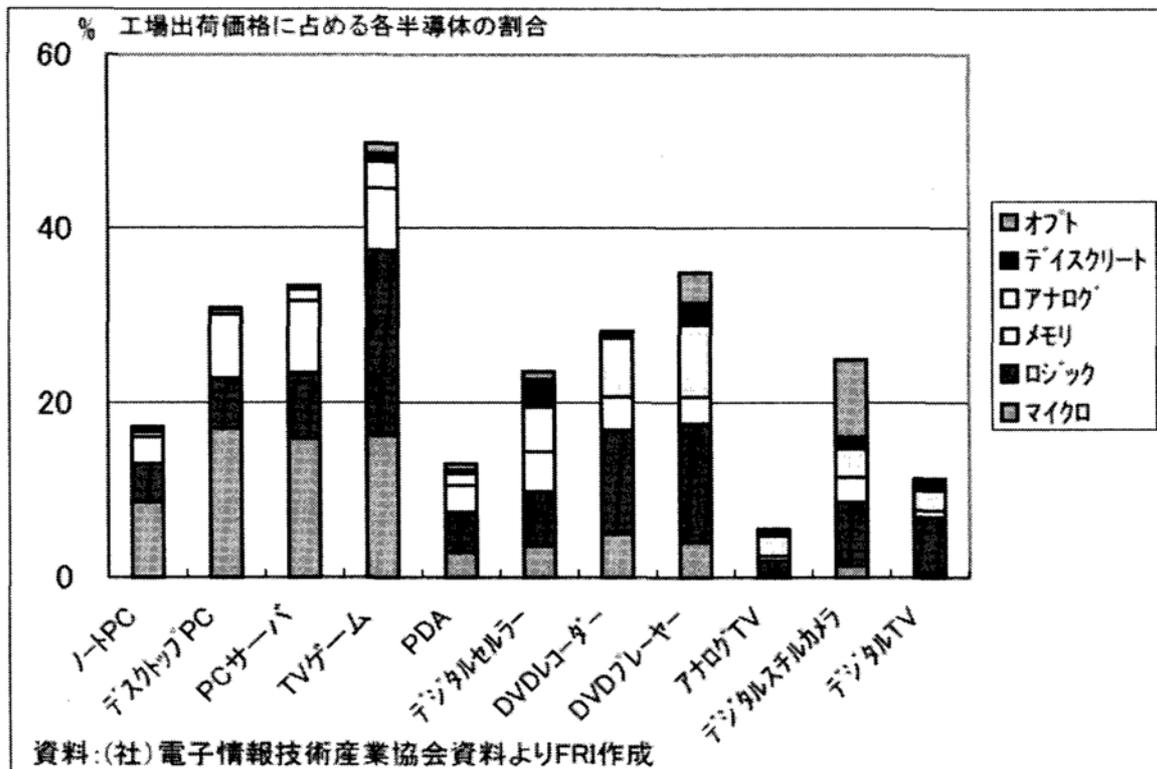
まず第一に、中間財市場の形成と発展によって、イノベーションの主体がモジュール製造企業へとシフトしてきていることが挙げられる。

モジュラー型アーキテクチャの特徴は、インターフェースのルールが確立されていることから部品・モジュール間に依存関係がないことである。そのため各モジュールの開発者は他の部品・モジュールとの調整を気にする必要なくモジュール単位での技術開発を独立して実施することが可能である (Baldwin and Clark [2000])。さらに、モジュールの開発を平行して行うことができ、部品・モジュールの開発に多くの企業が参入する。それらの企業の間でモジュールごとにイノベーションの競争が行われ、イノベーションは急速に進むことになる。このように中間財市場の発展はイノベーションを活性化する機能を持つ<sup>3)</sup>。

ここで重要なことは、モジュールのイノベーションが製品全体の技術革新を促進していくということである。言い換えれば、製品自体の性能向上や差別化は、主に部品・モジュールのイノベーションに大きく依存するというのである。製品企業はモジュールのイノベーションを取り入れて製品の差別化を図る以外になく、その意味でモジュール企業が当該産業のイノベーションの主体になっていく。

製品企業がモジュール専門企業にアウトソーシングしたり、共同開発しているような場合は製品企業側にモジュールをコントロールできる余地が残るが、汎用的なモジュールが普及し、市場からそれらを調達することで製品生産が行われているような場合にはその傾向は強い。先に見たとおり、リファレンス・デザインなどシステム統合の知識まで市場調達可能となっている。その意味では、イノベーションの主体が部品・モジュール企業へとシフトしてだけでなく、製品の設計力もまた部品・モジュール企業へとシフトしていくと言える。

図2 工場出荷価格に占める半導体の割合



(出所) 安部忠彦「デジタル家電の成長戦略」2004年

そして、当該モジュールが、①製品の基幹部品であること、②市場における標準規格であること、これらの要因を持つことによってその傾向はますます強まる。

製品の中核となる基幹部品は、当然、製品によって異なるが、デジタル化が進んだエレクトロニクス製品のほとんどにおいて共通に基幹部品となってきたのは製品に組み込まれる半導体である。

図2は、各製品に搭載された半導体部品の割合について製品の工場出荷価格に占める半導体の割合として表したものである。TVゲームのような飛び抜けた製品もあるが、アナログTVと比較すればわかる通り、デジタル家電製品においては、半導体の割合は非常に大きい。デジタル家電製品自体の性能や機能は、搭載された半導体の性能により実現されるようになってきているが、このグラフからも製品を構成する部品やデバイスの中で半導体が主要な基幹部品に

なっていることがわかる。また、これらの半導体と組み合わせた形で製品機能を実現するためにはソフトウェアの役割も重要になってきており、製品に組み込まれるソフトウェアの規模も大きくなってきている（安部 [2004]）。

このように、デジタル家電製品の部品・モジュールの中で最も中核となる基幹部品は、デジタル家電製品に組み込まれる半導体のシステムLSIである。特に最近多くの製品に使われるシステムLSIは、小型、高性能、高機能、低消費電力といった特徴を持ち、それらの主要な機能が1チップに高度に集積化されたSoC（System on Chip）と呼ばれるものである。SoCは、従来のようにプリント基板の上にCPU、ROM、RAM、ASSP（Application Specific Standard Product）などの半導体を並べてシステムを構成するのではなく、1つの半導体チップ上にシステムに必要な機能をすべて実現させるものである。このキーコンポーネントであるSoCの製造は、日本企業を始め欧米企業、さらには台湾企業や韓国企業も参入し熾烈な開発競争が繰り広げられるようになってきている。

そして、このSoCの性能や機能が製品全体の性能や機能を決定づけるようになってきている。つまりデジタル家電メーカーにとっては、SoCでの差別化が製品自体の差別化と他社製品への優位化へとつながり競争力の源泉ともなる。その意味で、このSoCをいかに開発もしくは調達するかが企業戦略上の重要な要因となる。

デジタル家電メーカーの中には、自らSoCの設計・開発を行ったり、半導体メーカーと共同開発したりするケースもあるが、最近では、このSoCについても特定製品向けの部品・モジュールとして容易に市場調達できるようになってきている。デジタル家電メーカーにとってもコスト要因など競争力強化の観点からは、グローバルに市場調達した方が優位になる場合も多い。

モジュラー型製品においては、製品を構成するモジュールが製品の機能や性能を左右するが、中でも、中核となる基幹部品は大きな影響力を持つ。デジタル製品においては製品に組み込まれるSoCなどの半導体がイノベーションの主体となっており、製品の性能や機能を規定するとともに製品差別化の重要な要

因となっている。

したがって、製品の性能・差別化において決定的な役割を担う基幹部品が汎用モジュールとして市場調達可能な場合は、汎用モジュールを生産する企業が当該産業・市場に大きな影響力を持つ。

次に、標準規格という点についてである。先に見たとおり、日本企業が部品・モジュールを外販する要因の一つは市場での標準規格の獲得であった。実際に、汎用モジュールとして市場調達可能な部品・モジュールの中には、先に挙げたBroadcom, NVIDIA, Mediatekなど、中間財市場における標準規格として浸透してきているものも多い。

製品企業が製品を製造する際に標準規格の部品・モジュールを使えば、製品市場で安定した評価を得られるだけの一定の機能を容易に実現できる。製品企業にとっては、効果的に市場の評価を得るためにそれらの標準規格の部品・モジュールを使う強いインセンティブが働くことになる。自ら部品を開発する技術力を持たずまた製品製造の実績のない企業が、市場への新規参入を果たし、売り上げを伸ばしていく上では特にその傾向が強いといえよう。

最終製品を購入する消費者側から見ても、標準規格の部品を採用していることは製品購入の際の重要な判断材料になる。特に、技術の変化が激しく類似の機能を持った製品が市場に多数存在する場合には、標準規格の部品を採用していることは、製品に対する一つの信頼性につながる。その意味で、標準規格のモジュールの採用は、企業にとっては、製品差別化のための重要な要素である。

このような観点から、標準規格を獲得した部品・モジュールの動向が製品市場に与える影響力は非常に大きい。特に、基幹部品が市場における標準規格となることで、これら企業がイノベーションの主体となるだけでなく、製品の生産全般にわたる主導権を握り、産業・市場を支配することにも繋がっていく。

また、先に見たとおり、これらの企業は、部品・モジュールだけでなくリファレンス・デザインも提供している。リファレンス・デザインの提供はそれらの部品・モジュールの普及を図るという意味で標準化を促進する働きを持つが、企業戦略という視点からは市場の主導権を握るための戦略の一つとも考え

られる。

## (2)付加価値のシフト

次に、付加価値という側面から見ると、製品製造企業は価格競争の激化から収益性が低下し、付加価値もまたデバイス製造企業に集中するようになってきている。

先ほどから見てきたとおり、製品は、開発当初はインテグラル型のアーキテクチャを持ち、企業内で個々の部品を擦り合わせ最適に統合できるよう製造される。次第に技術が成熟し、部品ごとのインターフェースが安定し規格化が進むにつれて、複数の機能をまとめて一つの部品へと統合されていく中で、製品アーキテクチャはモジュラー型へと移行していく。特に、市場における競争要因が製品性能よりも価格や生産の効率性へと移っていくことでモジュラー化はより一層進む。

インテグラル型のアーキテクチャの場合は、製品企業が製造過程のすべての主導権を持ち、製品企業が付加価値の多くを獲得するが、モジュラー化が進むことにより、特定のモジュール企業が個々のモジュールを個別に開発・製造できるようになるため、付加価値の連鎖は分断されていく。さらに、モジュラー化がいつそう進んでいくと、製品の製造は、個々のモジュールを中間財市場から調達して組み合わせるだけの単純な工程となってしまう。この段階においては、従来、製品製造企業が有していた製品製造過程を主導する戦略的役割はほとんどなくなり、モジュール企業、特に基幹モジュールの標準規格を獲得した企業が産業・市場の支配力を持つことになる。イノベーションの主体はモジュール企業へとシフトし、製品の性能や機能はそのほとんどが組み込まれるモジュールによって決定されてしまう。当該製品の製造からもたらされる付加価値は、そのほとんどがこれらのモジュール企業側へとシフトしてしまうといえる。反対に、製品製造企業は、市場における価格競争が激化し収益率の低下に悩まされる結果となる。

つまり、製品企業は、競争力確保のためにモジュラー化を進め市場からのモ

ジュール調達を推進するが、モジュラー化を推進すればするほど、イノベーションの主体は部品・モジュール企業へとシフトし、付加価値もまたモジュール企業へとシフトしていく。そして、産業・市場の支配力もモジュール企業へとシフトしていくことになる。

このような傾向を受けて、従来、完成品と部品の双方の事業を展開していた日本企業の中には、収益性の低い完成品分野から撤退し、部品の生産・販売に特化し始めた企業も見られるようになってきている。

### Ⅲ. モジュラー化とグローバル生産ネットワーク

#### 1. 製品アーキテクチャのモジュラー化と生産ネットワークの変容

次に、製品アーキテクチャのモジュラー化の進展と企業の生産活動、特にグローバルな生産ネットワークとの関係について考えてみたい。

1990年代以降、東アジア地域には、主に先進国の多国籍企業のグローバルな展開による国際的な生産・流通ネットワークが形成され、同地域がそれに組み込まれることで経済発展を遂げてきた。最近の生産活動、特にデジタル家電をはじめとしたエレクトロニクス製品の生産における一つの特徴として、研究開発、製品開発などのイノベーション・プロセスと生産プロセスの分離という点が挙げられる。企業は、国際競争の激化を受けて、このイノベーション・プロセスと生産プロセスの戦略的な最適配置を目指し、生産プロセスを、中国をはじめとした労働コストの安い東アジア地域へと移転し、垂直的産業内分業を活用した生産ネットワークを構築してきた。つまり、これらのグローバルな生産ネットワークは、財の貿易が進む中で事後的に形成されてきたというよりは、先進国企業の主導のもとに生産の最適化、効率化のために戦略的に構築されてきたものである。

しかし、最近の製品アーキテクチャのモジュラー化の進展は、製品製造企業主導で形成されてきたこれらのグローバルな生産ネットワークを変容させる可能性を持つと考えられる。

これまで見てきたように、製品企業が産業・市場において主導権を発揮できるのは、製品アーキテクチャがインテグラル型である場合である。デジタル家電のように製品アーキテクチャがモジュラー型へとシフトしてくると、徐々に製品製造企業は市場における主導権を失い、汎用モジュールを市場で調達して製品を生産する段階に至ると、産業・市場の主導権はモジュール企業側へと移行してしまう。イノベーションの主体もモジュール企業へとシフトし、製品の開発・設計さえリファレンス・デザインという形でモジュール企業が担うようになってきているのである。

つまり、モジュラー化の進展によって、市場における部品・モジュール企業の自律性が高まり、これまで製品製造企業を中心に形成されてきた生産ネットワークのリンケージが分断されていく。そのため、製品製造企業が生産の主導権を握りグローバルな形で製品生産ネットワーク全体をコントロールする力が弱まり、製品企業を中心とした集権的なネットワークから、より分権性の高いネットワークへと変容せざるを得ない。中間財市場の活性化が進み、その機能、役割が高まるほど、市場での取引の比重が高まり、市場を通じた分業構造となる。

自動車産業においては、系列取引など完成車メーカーは部品メーカーと緊密な関係を持っている。自動車はインテグラル型アーキテクチャの代表とされるが、インテグラル型の製品については、製品製造企業を中心とした集権的な国際的生産ネットワークの力が強い。しかし、デジタル製品はアーキテクチャがモジュラー型へとシフトするのに伴い、中間財市場に依存した分散型の生産ネットワークへと移行し、汎用モジュールの組み立てだけで生産できる製品については市場を通じた分業が中心となる。

近年、あらゆる製品がアナログからデジタルへと置き換わりつつある。デジタル化は製品アーキテクチャのモジュラー化を強力に推し進める力を持つ。その結果、従来のような製品企業を中心としたグローバルな生産ネットワークを維持することは困難になり、市場中心のグローバルな取引を基盤にした分業構造へと移行していくことになる。

## 2. 製品アーキテクチャの逆シフトと「システム統合検証」の必要性

しかし、この傾向はそれほど一方的に進行するわけではない。それは、一つには、モジュラー化した製品がインテグラル型に逆シフトする場合があること、またもう一つの側面として、モジュラー型の製品でも、モジュールの単純な組み合わせだけでは製品化が困難な製品も存在するからである。

まず、モジュラー化した製品のインテグラル型への逆シフトについてである。インテグラル型からモジュラー型にシフトした後はモジュラー型アーキテクチャを前提に企業競争が続くわけではなく、製品アーキテクチャが再びインテグラル型に逆シフトするケースが存在する。クリステンセンは、顧客が求める機能がより上位へとシフトしてパフォーマンスギャップが再び発生した場合、競争優位の源泉として再び統合化が優位になると指摘している（Christensen [2002]）。製品性能が顧客ニーズをオーバーシュートすることによって製品アーキテクチャがインテグラル型からモジュラー型へとシフトするが、再び顧客ニーズが満たされない状態になればインテグラル型のアーキテクチャが採用されるようになるということである（図1参照）。

具体的には、革新的技術の採用によるアーキテクチャル・イノベーションが起こる場合である。イノベーションには、インクリメンタル・イノベーションとアーキテクチャル・イノベーションがあるが、インクリメンタル・イノベーションは製品のモジュールレベルでの性能向上であり、アーキテクチャル・イノベーションは、モジュールや部品の組み合わせの変更を伴う新たな技術体系の採用による製品自体の革新的な向上を指す。アーキテクチャル・イノベーションが起きると、モジュラー化のための知識やノウハウが十分蓄積されておらず製品全体の最適性を図るために、企業は、再びインテグラル型の製品アーキテクチャを採用せざるを得ない。また、インクリメンタル・イノベーションはモジュラー型のプロセスの中でも可能だが、アーキテクチャル・イノベーションは、インテグラル型の擦り合わせプロセスの中で製品全体の構成を再構築するところから生まれてくるという側面もある<sup>4)</sup>。

デジタルカメラ、ハードディスクドライブ、半導体など、世代交代を通じて

差別化のために製品全体の設計変更が行われ、そのたびにインテグラル型へのシフトを繰り返す現象が見られる<sup>5)</sup>。

次に、モジュールの単純な組み合わせだけでは製品化が困難な製品も存在するという点についてである。延岡・上野 [2005] は、この現象について、Baldwin and Clark [2000] の「システム統合の検証」の必要性という視点から、イノベーションの活性化と製品統合の容易さというモジュラー化の持つ2つの機能を統合的に考えることによって説明している。

モジュラー製品はインターフェースが標準化されデザインルールが決まっているといっても、開発・製造された部品がシステムと整合性があることは保証されておらず、システムに統合する際に検証プロセスが不可欠となる。特に、イノベーションの活性化の効果により部品の技術革新が起こった場合、システムの中で部品機能が適切に発揮されるのかどうかシステム統合検証が必要となる。したがって、モジュラー型製品でも、部品技術の技術変化が速い場合や、基幹部品に高度な部品技術を採用し製品全体の技術レベルが問われるような場合には、単純な組み合わせ能力だけでは競争力を持ってない。部品技術に関する知識とシステム統合に関する知識に欠ける企業は、同じモジュラー型製品でも競争力を持つことができていないのである<sup>6)</sup>。

そこで、先ほど述べたが、システム統合を比較的容易に実現できるようリファレンス・デザインが提供されている場合が多い。ただし、リファレンス・デザインを効果的に活用できるのは、DVDプレーヤーなど製品機能が比較的単機能で製品を構成する上で支配的な部品モジュールが存在する場合である。デジタルカメラやDVDレコーダーなど製品機能が複雑で、製品を構成する基幹部品が複数ある場合は、システム統合はより困難な作業になる。

これら2つの現象は、モジュラー化が進行することによって単純に部品・モジュール企業が市場において優位な立場を形成し主導権を握るようになるのではなく、製品の特性や製品企業の技術力が大きく影響し、製品製造企業が製品の生産において主導権を握る余地がまだまだ残っていることを物語っている。

実際には、このような現象を背景に、市場においては製品によって国際的な棲

み分けが生じている。市場取引で調達可能な部品を組み合わせることで生産可能な製品群と、技術の向上が著しく製品生産において技術力を要し製品企業が主導権を持って生産する製品群。また、同じ製品群の中でも、汎用モジュールの市場取引で生産できる標準的な機能の普及品と、製品企業が高度な技術力で製品機能の高度化を実現した高級品という棲み分けである。製品製造企業が主導権をもって生産できる製品については生産ネットワークは有効であるが、市場での取引が中心の製品については、集権的な生産ネットワークは機能せず、グローバルな中間財市場が機能を高めているのである。

ただし、製品のデジタル化に伴いモジュラー化の流れは急速に進行しており、特に産業が成熟するにつれその傾向は強まる。従来のように製品製造企業が集権的に生産全体をコントロールできる分野はどんどん狭まってきているのが実態であろう。

#### Ⅳ. まとめ

これまで述べてきたとおり、モジュラー化の進展は、中間財市場の形成、発展を促進することで、イノベーションの主体を製品製造企業からモジュール企業へとシフトさせるとともに、産業・市場における主導権もモジュール企業が握るようになる。また、従来の製品製造企業を中心としたグローバルな生産ネットワークは次第に分権化し、市場機能の活性化と共にグローバルな市場取引を主体とした生産構造、産業構造へと変容してきている。このような変化の中で日本企業は、低価格で完成品を販売するアジア企業からの急激な追い上げを受け、価格競争に太刀打ちできなくなって撤退を余儀なくされているのが実態である。

中国をはじめとした東アジア諸国のキャッチアップは凄まじい勢いである。後発のアジア企業が急激にキャッチアップしてきた背景には、製品アーキテクチャのモジュラー化がある。モジュラー化がキャッチアップを加速しているのである。技術蓄積が未熟なアジア諸国にあっても、モジュラー化された技術を

取り込むことで短期間のうちに産業を振興させることが可能となった。

そこで、モジュラー化の進展によって従来の製品製造企業主導のグローバルな生産ネットワークが変容せざるを得ないという実態を背景として、近年、モジュラー型の製品アーキテクチャに対応した新たな企業戦略が出現してきている。

その一つは、特に2000年以降活発化してきた国際的な協業モデルである。これは、インテグラル型製品領域の得意な日本企業とモジュラー型製品領域が得意なアジア系企業とが、合弁会社設立などの形で提携することで相互補完し合うものである。日本企業はもともと完成品分野と部品分野の双方の事業を展開していることが多いが、完成品事業で海外企業と協業し、基幹部品・部材事業では単独での事業展開を行うものである。完成品事業での協業によって生産規模が拡大すれば、基幹部品・部材で安定的な生産規模を確保することもできる。新宅・小川・善本 [2006] は、光ディスク装置産業における日本企業とアジア系企業との協業の事例を紹介している。

国際的な協業モデルは、日本企業が、アジア諸国の追い上げに単に対立・競争するだけでなく、相互の強みを生かした戦略的関係を構築することで、競争力を維持し市場をリードしていくことができることを示している。また、高度な技術能力を持たないアジア企業にとっても、その欠点を補いながらも自らの強みを生かせる新たなビジネスチャンスでもある。

デジタル製品においては、モジュラー化の進展によってグローバルな生産ネットワークの力が弱まり、製品製造企業は付加価値と競争力を失いつつある。製品の価格競争によって深刻な打撃を受けるのは日本企業だけではない。低価格競争を主導するアジア企業自身もまた単なる低価格製品の組み立てに依存したビジネスモデルでは競争環境の中で満足な付加価値を獲得できないというジレンマに陥っている。製品が成熟するにつれて製品アーキテクチャがモジュラー化するのには避けられないが、アーキテクチャル・イノベーションが起これば製品アーキテクチャはインテグラル型へと再シフトする。また、一般的に基幹部品・部材自体はインテグラルな製品アーキテクチャを持つ。新宅・善本

[2005] は、モジュラー型への対応として自社組織の構造を変えてしまうと、モジュラー製品での競争力は高まるがインテグラル型での競争力は低下し、決定的な弱体化につながる危険性を指摘する<sup>7)</sup>。急速に進行するモジュラー化の中にあってもインテグラル型の強みを残しつつ競争力を維持し市場をリードできるよう、従来の生産ネットワークとは異なった新たな企業間関係、分業関係を構築する必要がある。製品アーキテクチャのモジュラー化に対応した新たなビジネスモデルがどのようなものとなるか今後の研究の中でより詳しく考えていきたい。

#### <参考文献>

- 安部忠彦 [2004] 「デジタル家電の成長戦略」『研究レポート』No.212, 富士通総研 (FRI) 経済研究所。
- 小川紘一 [2005] 「光ディスク産業の興隆と発展 —日本企業の新たな勝ちパターンを求めて」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シリーズ MMRC-J-28。
- 小川紘一 [2006] 「製品アーキテクチャ論から見たDVDの標準化・事業戦略 —日本企業の新たな勝ちパターン構築を求めて—」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シリーズ MMRC-J-64。
- 桑原哲 [2006] 「東アジア地域における製品アーキテクチャのモジュール化と貿易構造の変化についての実証分析」『経済産業ジャーナル』11月号。
- 新宅純二郎・小川紘一・善本哲夫 [2006] 「光ディスク産業の競争と国際的協業モデル—擦り合わせ要素のカプセル化によるモジュラー化の進展」榊原清則・香山晋編『イノベーションと競争優位』NTT出版。
- 延岡健太郎・伊藤宗彦・森田弘一 [2006] 「コモディティ化による価値獲得の失敗—デジタル家電の事例」榊原清則・香山晋編『イノベーションと競争優位』NTT出版。
- 延岡健太郎・上野正樹 [2005] 「中国企業の情報家電における競争力：モジュラー型製品開発における組み合わせ能力の限界」『国民経済雑誌』191巻(第4号), 35-51頁。
- 藤本隆宏 [2001] 「アーキテクチャの産業論」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。
- 楠木建・ヘンリー・W・チェスブロー [2001] 「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト」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。

善本哲夫・新宅純二郎・ [2005] 「製品アーキテクチャ理論に基づく技術移転の分析—光ディスク産業における国際分業」東京大学ものづくり経営研究センター，ディスクッションペーパーシリーズ MMRC-J-37。

Baldwin, C. Y. and K. B. Clark [2000] , *Design rules: The Power of Modularity*, Cambridge, Mass: MIT Press. (安藤晴彦訳 [2004] 『デザインルール—モジュラー化パワー』東洋経済新報社)。

Christensen, C. M., M. Verlinden, and G. Westermanet [2002] , “Disruption, disintegration and the dissipation of differentiability,” *Industrial and Corporate Change*, 11(5): 955-993.

Macher, J. T. and D. C. Mowery [2004] , “Vertical Specialization and Industry Structure in High Technology Industries,” *Advances in Strategic Management*, 21: 317-356.

Ulrich, K. [1995], “The role of product architecture in the manufacturing firm,” *Research Policy*, 24(3): 419-440.

## 注

- 1) 量産効果を発揮できるようにするために生産量を増やすと言うことであれば、自社内の他の複数の製品にも共通で利用するという事も考えられる。ただしこれは、松下やソニーなどの多様なデジタル家電製品を扱っている場合でなおかつそれぞれの生産規模も大きい場合のみに有効である。
- 2) ただし、日本企業は、自社の部品を他社に供給することで標準化を図り世界的に広める戦略志向は少なく、技術を囲い込む傾向が強い。
- 3) イノベーションの活性化は、デバイスの技術革新の程度や頻度を高め、イノベーションに取り組む企業数を拡大することで製品としての統合を困難にする（延岡・上野 [2005]）。
- 4) アーキテクチャル・イノベーションを生む製品開発の初期プロセスでは、各種の設計要素やパラメータを検討する必要がある。要素間のトレードオフを解決していくことがブレークスルーを生み、独創的な開発につながるが、そのためには擦り合わせプロセスが必要である。
- 5) Christensen [2002] は、HDDの例を通しながら、アーキテクチャル・イノベーションが起こった際にも製品性能が顧客ニーズを下回ることになることを指摘している。
- 6) 延岡・上野 [2005] は、デジタル製品における中国企業の競争力を分析。DVDプ

レーヤーやデスクトップPCについては中国企業の躍進が著しいが、デジタルカメラやノートPCについては米国や日本企業の競争力の方が高いことから、中国企業が競争力を持つのは、モジュラー型製品でも、部品技術が比較的安定し技術変化が少なく、市場・顧客ニーズが単純な場合であるとしている。その要因として、「システムの統合と検証」の必要性を挙げている。

- 7) 組織構造をモジュラー型に適合させることによって、インテグラル型の組織能力はきわめて短期間で散逸する可能性が高く、また失った擦り合わせ能力は容易に回復できないため、再びインテグラル型製品の時代がきても、それに対応できない。また、完成品事業とともに基幹部品や基幹部材を製造する日本企業が、基幹部品・部材の製造だけに特化してしまうと、製品全体に関する統合的な技術知識が散逸してしまう危険性がある。その意味で、完成品事業の切り離しや弱体化は、基幹部品・部材事業の弱体化に繋がる。