

# デジタル技術の発展と新しいものづくり

## —自律分散型ものづくり環境と中小企業—



小川 正博  
(大阪商業大学)  
総合経営学部教授

### 目次

はじめに

1 デジタル製品のものづくりの変容

2 自律分散型ものづくりの特質

3 模倣品によるものづくりから学ぶ

4 自律分散な環境での中小企業経営

おわりに

### はじめに

デジタル技術の発展は自律分散型の産業構造をもたらし、製品だけでなく競争やものづくりの仕組みを大きく変容させている。製品が複雑化したため垂直統合型の生産システムではなく、専門企業による自律分散型の社会的分業を母体にする産業構造が登場し、そこに多数の企業が参入してグローバルなものづくりや、ダイナミックなイノベーションに突入した。それにモジュール化した部品やその模倣品が登場して多様な製品が登場し、短期間に製品が世界中に普及するようになった。

こうした環境のなかで新しいものづくりに挑

戦したのはアメリカや台湾のベンチャー企業、そして中国山寨（サンサイ）の模倣的ものづくりである。日本企業は新たなものづくりイノベーションに挑戦せず飛翔の機会を逃し続けている。近年では個人でも少量なものづくが可能で3Dプリンターのような新しいデジタル技術も登場して、さらにもものづくり環境が変容している。

デジタル技術やインターネットの活用によって新しいものづくりイノベーションが可能になる。果敢に挑戦する企業には新しい市場が登場し、またデジタル技術の活用によって、中小企業でも製品創出が可能になっている。しかし優れた技術を持つ日本企業はデジタル化がもた

らす新たなものづくりへの転換に遅れ、グローバル市場で競争力を失っている。

本稿ではデジタル技術がもたらした自律分散型のものづくり環境の生成とその影響、それに対して日本企業とりわけ中小企業にはどのような課題と可能性が生じているのか、そして新たなものづくりイノベーションの方向について検討することを課題とする。1ではパソコンと携帯電話にみる自律分散型産業構造の生成、2では自律分散な環境での競争がもたらした特質、3では中国山寨にみるものづくりのダイナミズム、これらを踏まえて4では中小企業のものづくりイノベーションの方向そしてまとめとする。

## 1 デジタル製品のものづくりの変容

デジタル技術を活用した製品は、金属や樹脂製などの部品を主体に構成する製品とは異なったものづくりに変容する。それをコンピュータと携帯電話の例でみていく。

### (1) デザイン・ルールのオープン化

メインフレームという大型コンピュータでIBMが覇権を握る中、小さな模型店MITS社が1974年に発売したAltair8800、そして1977年にはApple IIが登場してパソコン市場は活況を呈するようになる。その拡大するパソコン市場に対処するため急遽1981年に参入したIBMは短期間で事業化するため、自社技術で製品開発を行ってきたIBMがこのときは市場から部品を調達して製品を構成した。そして部品や周辺機器の円滑な調達のために回路やBIOSのソースコードなどを事実上公開する（SE編集部、

2010)<sup>1</sup>。さらに基本ソフトをMS-DOSの名称でマイクロソフトとライセンス契約し、他社供給を認めた。

それまで玩具程度にみなされたパソコンがIBM社の参入によって、ビジネスにも使用できる本格的コンピュータとの評価を得て需要を拡大する。加えて製品仕様が事実上公開されたため、1984年のPC/ATのアーキテクチャがいわば業界のデザイン・ルールになって多くの互換機が登場し、またこれに対応した多数のアプリケーション・ソフトや周辺機器が投入されて市場が拡大する（Baldwin and Kim, 2000）。それはアメリカにベンチャー企業を叢生させた。

1984年には互換BIOSチップが販売され、容易に互換機が生産できるようになる（Ceruzzi, 2003）。そして1986年IBMに先駆けてコンパクトは、インテルの高速な32ビットCPU80386搭載の互換機を販売する。このときPC/ATのアーキテクチャでは高速なCPUの性能が発揮できないため、CPUとメモリや周辺機器との間でデータ伝送するバスを分離して処理速度の高速化を図った。さらにIBMが新機種PS/2では互換機にライセンスを求めるようになると、互換機企業9社は独自にEISA規格などで標準化を図り、IBMの技術を離れた互換機アーキテクチャで発展をはじめた。また新型CPUが新型パソコンで性能を発揮できるようにインテルは、高速化できるPCIバスを開発して無償提供し標準規格にする（Burgelman, 2002）。

模倣した互換機が規格を整備しパソコンを高性能化していく。それに合わせて機能を集約したチップセットが登場し、また新たな周辺機

1 BIOSは入出力装置の制御プログラムをまとめたもので、基本ソフトを特定機種仕様に合わせる機能を持つ。IBM PCのBIOSコードはIBM所有だが、互換BIOSが発売されてしまう。

器を開発して高性能化していく。回路上にそうした主要モジュールを搭載したマザーボードまでもが1つのモジュールとして登場する<sup>2</sup>。このマザーボードにCPUやディスクドライブ、ビデオカードなどのモジュールを組み込むことによってパソコンが完成してしまう。

業界標準の製品アーキテクチャが生まれ、それを構成するモジュールが標準化され誰でも生産・調達できるため、パソコン産業は急速に発展した。それは同時にものづくりシステムの変容でもあった。それまでNECや富士通などのようにアメリカ企業も、基本ソフトやアプリケーションを独自規格で構成していた。そのための集権的な垂直統合型のものづくり方法は、多数の専門企業が対等に経営基盤を発揮する自律分散型のものづくり形態へと変わっていく。

## (2) イノベーションによるダイナミックな変容

コンピュータという製品には多様な技術や部品が必要であり、またそれらは急速な技術革新を実現しながら発展する。メインフレームと呼ばれたコンピュータシステムの時代には、需要量が少ないものの千万円、億円という単位の高額製品であったため、自社規格のハードやソフトで有名な顧客に対して垂直統合型で受注生産・販売する事業でもよかつた。

しかし匿名顧客の大量な需要には、低価格化と高性能化のためのイノベーションが要求されるが、技術が複雑なため単独企業では対応しにくい。モジュール専門企業それぞれが専門領域で技術革新を図り、規模の経済性によって低価格化を図る。ただそれぞれのモジュールや技術はコンピュータというシステム製品の中で

相互依存性が高いため、一つのイノベーションはその部品の周辺だけでなく全体に影響する。このため独自のイノベーションを可能にするためには、そのモジュールの入力と出力部分のインターフェースの標準化が必要で、インターフェース規格を守りながら性能や機能、処理速度の速さなどのイノベーションを図ることになる。

そして主要モジュールが規格化されると他の領域にも波及して専門企業が登場し、自律分散なものづくりが可能になる。次いで同質なモジュールの専門企業間の競争が始まる。事実上の標準の座を目指して、多くの専門企業が激しい競争を演じ、それが産業をダイナミックに変容させていく。

## (3) 急速なイノベーションで発展する携帯電話

携帯電話の場合はさらに劇的にものづくりを変容させてきた。今日でいう携帯電話は1979年アナログ式の自動車電話サービスとして日本で登場した。アメリカではモトローラ社の自動車電話が1983年実用化される。そして1985年、民営化されたNTTは携帯できる重量3kgの肩掛け式の電話を実用化した。1989年モトローラ社は重量303gと軽量な携帯電話を発売し、これを機に日米で本格的な携帯電話の普及が始まる。1991年ノキアが初めてのデジタル式携帯電話をヨーロッパで発売し、その後のノキア発展の礎を形成した。日本とアメリカの携帯電話のデジタル化は1993年であった。

携帯電話の利用者が増大して通信方式がアナログからデジタルに移行すると、着信音に好みの音楽が設定できる着信メロディをはじめとしてさまざまな機能が付加されるようになる。

<sup>2</sup> モジュール (module) はシステムを構成する要素で、いくつかの機能部品を集めてまとめた機能を果たす部品を指す。その特質について詳しくは2で述べる。

1999年にはNTTドコモがiモードを開始し、携帯電話がインターネットに接続できるようになり携帯電話による電子メールが盛んになる。2000年には内蔵カメラが登場し、通信速度の向上によって写真送信やゲームなどの利用が盛んになる。わが国では2000年代に入ると第三世代携帯電話が登場して、テレビ電話や高速なデータ通信が行われる。

一方で1993年アップルがPDA（携帯情報端末）という概念を提起し、1996年のBlackBerryや1999年のiモードと続いて、インターネットを活用する電子メールやウェブサイトの閲覧といったインターネット接続のスマートフォンが登場する<sup>3</sup>。それは電話と融合した小型コンピュータの色彩を強くし、パソコンとの競合状況さえ見られるようになる。

携帯電話はアナログからデジタル化、そしてスマートフォンへの発展の中でもものづくりの仕組みを変化させてきた。その要因はやはりコンピュータと同じように標準モジュールの登場、後述の携帯電話の中核になるプラットフォームの出現、そしてオープン化である。そこではパソコンにみたIBM PC/ATのようなデザイン・ルールになるモデルがあったわけではない。ただそれまで存在した電話という基本機能は明確であり、それを小型で移動しながらでも通話品質が低下しない電話に、そして便利な付加機能の開発が課題になった。

このとき後述するようにパソコンとは異なって多くの特許が存在し、そのモジュールが製品に影響を与えた。また電話はその製品単体で機能するものではなく、電波を中継する通信基地

の施設を含めたシステムであり、より広域的にいつでも通話できる性能が基本条件になる。そのため電話メーカーではなく、広域に通信基地や通信回線を保有して通信基盤を保有するキャリアと呼ばれる通信業者が産業を主導する。

それに通信技術の発展とともに新たな通信規格が必要になり、それをキャリアや国境を超えて標準化する。そこではキャリアや各国政府間の協議いわゆるデジュアリー・スタンダードによって、共通な通信規格を模索しながら発展してきている。このため先進国の携帯電話は地域や各国の通信規格に合わせてキャリアの独自仕様で生産されてきた。

#### (4) プラットフォームの活用へ

無線電話や有線電話技術を基盤にデジタル技術活用で発展する携帯電話にはさまざまな技術が使用され、それらは特許になって存在している。このためキャリアや携帯電話メーカーがさまざまな製品特徴を謳う一方で、現実には特許使用料が端末価格の10%以上を占めるなど、初めから複雑な機能を果たす外部のモジュールが使用された（安本、2010）。特許権に抵触しない新たなモジュールを開発するよりも、優れた標準モジュールを活用する方が旺盛な需要の中で市場獲得に有利だったからである。

携帯電話の高機能化によって複雑になったのがソフトである。そこでコンピュータと同じように携帯電話の基本ソフトが制作される。ハードウェアが違ってもアプリケーションや各種リソースを管理する基本ソフトとしてシンビアンOSやリナックス、REX OSそしてスマートフォン向けのAndroidやWindows Mobileなどが登

<sup>3</sup> 携帯電話の発展経緯は内藤他（2006）、安本（2010）、川濱他（2010）を参照。

場する。また基本ソフトとアプリケーションソフトを媒介するミドルウェア、そして各種機能発揮のためのアプリケーションソフトとさまざまなモジュールが登場する。基本ソフトと中核になるモジュールがオープン化して複雑な携帯電話の設計が簡単になる。

さらに高性能な携帯電話開発が課題になるなかで2000年代初頭以降、音声信号などをデジタル変換し復調処理するベースバンドIC、動画や音楽など複雑な信号処理を行うアプリケーション・プロセッサ、それにメモリなどがワンチップ化したMPUや、ソフトや機能を統合するカプセル化が進展しプラットフォームが形成される<sup>4</sup>。

携帯電話の場合は通話という音声処理から、各種信号処理による通信処理領域へと高機能化・複雑化するなかで、また拡大する市場の旺盛な需要に応えるために、そしてコスト削減と製品小型化のために、部品を集積してワンチップ化する方法でモジュール化が進展する。特許権保有のモジュール企業が市場にそれを積極的に投入したことがオープン化に作用している。さらに統合ICプラットフォームを提供する後述のMTKが登場してオープン化が加速する。

#### (5) モジュールのオープン化が進展

今までみてきたように、パソコンと携帯電話のものづくりの進化にはオープンなモジュールが関与している。オープンなモジュールは一般にはどのような条件下で進展するのだろうか(小川、2012)。

第1に製品の仕様がほぼ類似化するドミナント・デザインの形成以降にオープン化がはじま

る。共通的な仕様がなければ標準モジュールは登場しにくい。第2に製品が複雑でそれを構成する部品にも、多様で高度な技術や知的所有権が存在し、企業が独自開発するにはコストや開発時間がかかって市場に即応できないときである。このため複雑なソフトや模倣しにくい部品が該当し、パソコンのCPUやOS、携帯端末では汎用IC (ASSP) からはじまった。第3に多額の開発費や設備投資が必要で外部に販売しないと投下資金が回収できない場合である。

第4に物理的な機構で機能を果たす部品よりも、電気信号などによって機能を果たすものが標準モジュールになりやすい。機械的に駆動するモジュールの場合、モジュールの形状や重量など制約が多く接続部分のインターフェース規格が標準化しにくいためである。ただシマノの自転車ギアは世界中の自転車に採用され、一部の自動車エンジンも標準モジュールとして使用されている。第5に他の機器と相互接続してシステム化される度合いが高いとき、周辺機器も含めてモジュールがオープン化されやすくなる。機器を接続して機能を発揮するためにインターフェース規格の標準化が行われ、関連機器の標準化が加速してオープン化が進展する。

ただ技術的要因だけでなく第6に、大きな需要量とその急速な拡大がモジュール化を促進する。旺盛な需要に低価格な製品で素早く市場に応えるためには、独自に開発生産するよりも大量生産によって低コストな専門企業のモジュール調達が有効になるからである。

以上のような条件を備えたときにモジュールがオープン化し、技術の複雑性を縮減したモジ

4 プラットフォームは製品の機能や性能発揮の核になり、製品全体の基盤機能を持つモジュールである。

ジュールで製品生産が容易になる。

## (6) モジュールの集約化と応用

デジタルな部分は入力データを出力データに変換処理するアルゴリズムを実現する電子回路とソフトから構成される。その電子回路は集積回路としてカプセル化され技術進歩とともに集積度を高め小型化していく。さらにそれら関連する複数のICチップを一つにしてより小型化していく。技術進歩によって複数のモジュールを一体化したSoC（システムLSI）のような上位のモジュールも創ることができる。複雑な機能が小さなチップ1つで実現できるため、デジタル作動するICチップを活用することで部品点数が少なくなり、複雑な製品が低コストで容易に製作できるようになる。

本来、電子製品を生産する企業ではすべての電子部品を内製することはない。半導体やコンデンサー、抵抗などの素子はそれぞれに異質な固有技術と生産技術が必要であり、一方で大量に使用されるため専門企業が量産して提供する。製品企業はそれら市場調達できる部品を調達して必要な回路設計を行う。市場に存在する部品を多用して製品を生産するのが電子製品では一般的であり、複雑な処理を行うワンチップのCPUやマイコンなど汎用性のある優れたモジュールは多数の企業に活用される。

さらにオープンなモジュールを活用した製品生産は、製品のデザイン・ルールが業界標準になっていないデジタル製品でも採用されるようになる。それはデジタル製品がコンピュータ技術の応用であり、コンピュータ向けのモジュールやその応用モジュールによって製品の主要部分を製造できるからである。応用性のあるモジ

ジュールが使用され、また製品の特性に合うように改良されてモジュールは新たな領域で事実上の標準に発展していく。携帯電話やスマートフォン、平面テレビ、タブレットなどデジタル製品の多くがこうして生産される。デジタル技術が電子製品のものづくりを変容させている。

## 2 自律分散型ものづくりの特質

今までみてきたようにデジタル製品は統合型（擦り合せ）製品とは異なる性格を持つ。そうした特質をもつデジタル製品のものづくりでは、クローズドな垂直統合型のものづくりからオープンな自律分散型のものづくりに移行し、多数の専門モジュール企業と製品企業が登場して激烈な競争を繰り広げ、製品のコモディティ化を加速しながらダイナミックに変容するようになる。

### (1) 事実上の標準の獲得競争

モジュールについてボールドウィン(Baldwin and Kim, 1997)は、それぞれが独立的に設計可能であって、全体としては統一的に機能するサブシステムで、複雑な製品や業務プロセスを構築するものであるとした。そうしたモジュールはその組合せによる製品の多様性の増大、環境変動に対しては製品全体ではなく、個々のモジュールで対応するという不確実性の軽減、そして同時並行的に開発設計を推進できる開発の迅速性、という3つの性質を発揮できる。そのためにはデザイン・ルールをあらかじめ確立しなくてはならないと提起した。

さまざまなデジタル製品が登場するなかで、それぞれの製品領域で優れた機能を持つモジ

ジュールが標準モジュールになり、さらにコンピュータにおけるCPUやバス・チップセット、基本ソフトなどは中核モジュールとしての役割を担う。中核モジュールに合わせて製品が設計されるようになり、とりわけ製品全体に大きな影響力をもつモジュールはプラットフォームと呼ばれるようになる。コンピュータや携帯電話などの製品領域では、プラットフォーム企業が製品そのものの進歩をリードしていく。

自己完結的に複雑な機能を果たすことも可能なモジュールは、それぞれ独自にイノベーションを図り内部はブラックボックス化していく。そして優れたモジュールは多数の企業に採用されるように、業界のデファクト・スタンダードの座を目指して激しい競争を展開する。一方でモジュールを調達して組立だけの製品企業は、保有する知識が希薄化して価値を付加できないため存在を低下させていく。

製品だけでなくモジュールでも、またそれを構成する素材でも事実上の標準の座の獲得を目指して多数の企業が競争することで、自律分散型のものづくりはダイナミックに変容していく。たとえばインテルはパソコン用CPUではプラットフォームの地位を獲得した。しかしスマートフォンでは新興の英ARMがMPU設計で9割を占めている。ARMは設計に特化して設計図をクアルコムやエヌビディア、MTKそしてアップルやサムスンにまで提供する。インテルと異なった設計と製造を分離する新しい仕組みでリードする。イノベーションを怠るとプラットフォーム企業でさえ凋落する競争が行われる。

## (2) 垂直統合型から自律分散型ものづくりへ

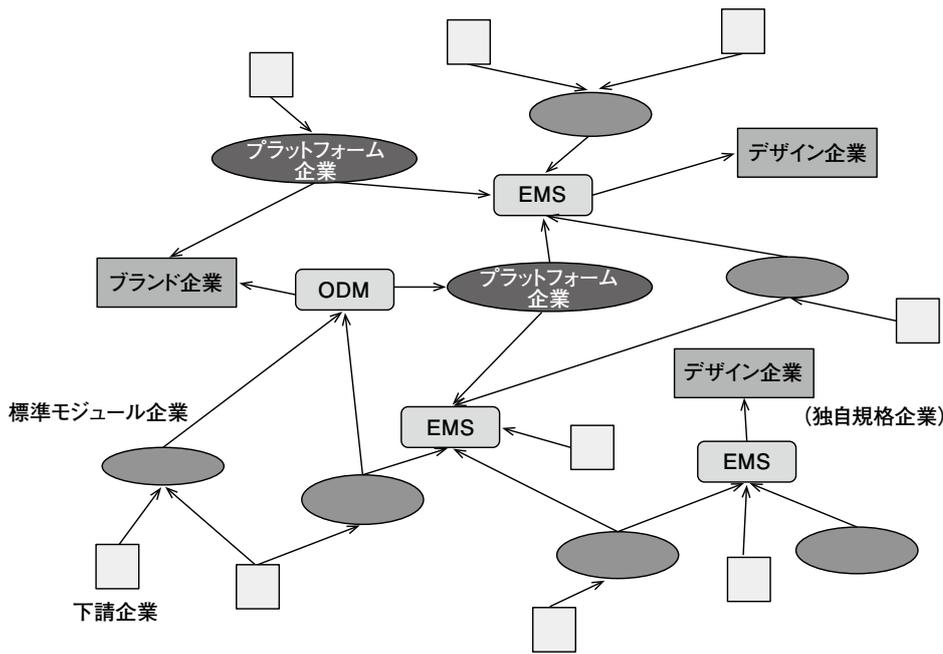
オープンなモジュールが一般化するとデジタ

ル機器分野の生産構造は垂直統合型から自律分散型構造に変容する (Grove, 1999)。コンピュータの世界では1970年から1996年の間に膨大なモジュールのクラスター群が登場して、生産の仕組みや産業構造を変えた (Baldwin and Kim, 2000)。従来、製品企業は独自仕様の製品を企画設計して組立の形態が中心であった。とりわけわが国の大企業は競争企業には排他的で集権的な下請系列を構築し、多様な製品群をグループ内で統合型のアーキテクチャで生産してきた。

しかし優れたモジュールが市場で調達できるようになると、アップルのように独自の製品規格にこだわった経営も可能であるものの価格競争に対応しにくく、多額の研究開発費拠出にも単独では対応しにくい。その顕著な例がわが国の携帯電話産業である。過去、インターネットにも接続できるiモード、写真を送信できる写メール、携帯電話による決済など先進的技術で世界をリードした。しかし独自技術にこだわって世界標準の通信規格をリードできず、このため標準モジュールを活用した低価格な携帯電話やスマートフォン開発に遅れた。その結果、携帯電話事業からの撤退が相次いでいる。

自律分散型の産業構造のなかでは、モジュール企業が高度な機能で安定した品質のモジュールを低価格で販売するようになる。モジュール企業は部品企業でありながら下請ではなく、独自の自律的経営が可能である。それにはデファクト・スタンダードの地位獲得が条件にはなるが。そうしたモジュールを活用して競争企業とは異なった顧客価値を創出できるかが製品企業の課題になる。同じようなモジュールを使用

図-1 自律分散型の産業構造のなかでのものづくりネットワーク



出所 渡辺幸男・小川正博・黒瀬直弘・向山雅夫『21世紀中小企業論・第3版』有斐閣、2013年、p.206。

しながら新しい顧客価値を創出できるかが製品企業を左右する。

### (3) 新しいものづくり形態の登場

オープン化が一般化するデジタル産業では、図-1のようなそれぞれが対等に経営を展開する産業構造に移行する。モジュールを調達すれば容易に製品が製造できるため、製品企業は生産を外部化して製品の企画開発や設計機能中心のデザイン企業に変容し、さらに販売機能中心のブランド企業にまで変容する。標準モジュールの調達による製造は付加価値を低下させるので、製品企業は生産機能を外部化してしまうのである。

代わってデザイン企業やブランド企業の設計仕様に基づいて、標準モジュールを調達して製品の受託生産を専門的に行うEMS企業

(Electronics Manufacturing Service) が登場する(稲垣、2001)。またEMSをさらに進めたODM(Original Design Manufacturing)企業は、製品を企画設計してブランド企業に採用を提案して完成品として納入する。委託したブランド企業はそれに自社のブランドを付与して販売する(立本、2009)。

EMS企業は製品企業の不採算な工場を買収するなどして、短期間に巨大企業に成長した<sup>5</sup>。広達電腦や仁宝電腦工業、華碩電腦(エイソース)などの台湾企業はデザイン企業やブランド企業に代わって世界のパソコンを組立る。鴻海精密工業は今日、中国本土に120万人の従業員を擁してスマートフォン製造を請け負う。

このような産業構造が登場するなかで、デザイン企業そしてブランド企業へと移行する製品

<sup>5</sup> EMS企業は大企業が撤退した工場を引き継ぐなどしてソレクtron社などアメリカで登場したが、中国に生産拠点を構築した台湾企業に代わられる。「EMSが製造業を救う」『週刊東洋経済』1999年7月17日号。

企業の産業内でのリーダーシップは低下し、代わってプラットフォーム企業が産業全体をリードするようになる。実際、コンピュータ技術をリードするのはインテルとマイクロソフトであり、製品企業は彼らのイノベーションに依存する存在に変容した。

そして標準モジュールを調達すれば容易に製品組立てができるため、参入障壁が低下して新規参入者が増大する。先進国では異業種企業が、新興国では小規模企業までもが新規参入し、後でみるような模倣品とも呼ぶべき異質なものづくりまで登場する。それらの製品は低価格だけでなく多様性を持っている。先進国市場での高機能な製品と異なって、低所得でも購入できる単機能な製品や、顧客の特殊な活用法に応じた製品など多様化の度を高める(丸川、2013)。

#### (4) ソフトの比重の高まり

デジタル機器は機械とデジタル制御がシステム化したものである。そこでは状況に応じて複雑な制御や機能を発揮するために、論理素子を多用してデジタル論理回路が構成される。そのデジタル回路は処理のためのアルゴリズムを形成するが、CPUのような高度な演算機能を持つモジュールはデータだけでなくプログラムを読み込んでより複雑で多様な処理を行う。

多くの家電製品や自動車そしてパソコンや携帯電話などでは、コンピュータシステムを組み込んだ電子機器本体(組み込みシステム)に所定の動作をさせるためファームウェア(firmware)形態のソフトウェアが使用される。これは電子機器に組み込まれたコンピュータシステムを制御するためのソフトウェアで、ソフ

トウェアをROM等のICなどに書き込んだ状態で機器に組み込まれる。

電子回路が用いられる製品では、物理的な機構以上にソフトのモジュールの重要性が高まる。コンピュータやタブレット、携帯電話、スマートフォンのような情報処理機器は当然に、そして工作機械や自動車などの機構部分が大きな役割を果たす製品でも、複雑な機能をデジタル回路部分で行う。複雑な制御をソフトで行い、その結果をサーボモータなどで働きかけるため、たとえば歯車による機構領域が消滅していく。機器を作動・制御する機構であってもプログラムで制御できるため構成部品が少なくなる。

なによりもソフトの性能向上のためには膨大なプログラムが不可欠で、その制作には時間とコストがかかる。そこで製品価格を抑制するためにハードのコスト低下が求められ、ハードな部品企業は絶えずコスト削減を迫られる。デジタル技術はハード企業の収益を大きく低下させながら、自律分散型の産業構造のなかでソフト企業の役割を増大させていく。

#### (5) コモディティ化による価格競争の激化

自律分散型の産業構造ではプラットフォームをはじめとするモジュールを、市場調達して組立てれば中小企業でもコンピュータや携帯電話が組立てられる。このため多数の企業が参入して急速に製品が同質化し、短期間に同じような製品が市場に蔓延するコモディティ化に陥る。研究開発によって画期的な製品を開発しても短期間で模倣され、研究開発費を償却する前に市場でのリーダーシップを失う状況さえ生まれる。それはオープンなモジュールを使用する産

業での宿命でもある。このためコモディティ化に対応できるイノベーションが不可欠になる。

斬新なモジュールの開発や、独自のモジュールの付加による製品の差別化、販売やサービスなどを含めた独自のビジネスシステムによって事業全体で差別化を行うといった方法が必要になる。独自の顧客価値の創造が不可欠であり、技術力でだけで競争優位を謳うだけでは競争に勝てない。

### 3 模倣品によるものづくりから学ぶ

標準モジュールが登場するとさまざまな専門企業による自律分散型の産業構造に移行し、多様なものづくり形態が生まれることをみてきた。さらに異質なものづくりが中国の山寨である。以下では山寨の携帯電話を取り上げて、そこから学ぶものをみていく。

#### (1) 山寨機のものづくり

中国の携帯電話事業は欧米や日本からの製品輸入からはじまるが、政府の政策によってようやく1998年に国産機が登場し、その技術を国有企業に移転して国産化を推進する。この結果2002年ころから国産携帯電話の生産量が増大しはじめる。しかし一方で、国営企業からブランドや携帯電話に必要なネットワーク接続許可証を借りて生産する「黒手機」と呼ばれる偽造携帯電話が登場してくる。中国の場合こうした偽造電話が登場できる制度的理由の1つに、顧客の電話機購入とSIMカード挿入による通信会社との契約とが分離していることがある。

そこに2004年以降台湾のMTK（メディアテック：聯發科技）が携帯電話の中核ICチップを

中国に販売したことによって、次々と新規参入者が相次ぎ政府から製品認証を得ない模倣ともいえる携帯電話「山寨機」が登場する。MTKが統合ICプラットフォームを提供するだけでなく、さらにそのチップと相性の良いモジュールを組合せた携帯電話の設計図を提供したからである（丸川、2007）。このリファレンス設計（reference design: 参照設計）を活用することで、ユーザーインターフェースと外装デザインを開発すれば容易に製品が出来上がってしまう。山寨機には海外メーカーのデザインをコピーした製品や有名ブランド名をつけた偽ブランド品まであり、大手メーカー製品の半額以下の価格で販売されている<sup>6</sup>。

クアルコムやTIなどもリファレンス設計を提供するが、周辺ソフトは提供せず携帯電話企業はソフト開発が必要になる。高性能で独自性のある製品を作るためには高額なチップの調達、基本ソフトやアプリケーションソフトの設定や開発、周辺ソフト開発などで製品化には半年から1年程度かかる。これに対して音声やメールを通信デジタル信号に変換・復調する高周波ICや、音楽プレーヤ、カメラ信号処理などの情報処理まで含むベースバンドICと基本ソフトまでMTKのチップは一体で提供する。さらに携帯電話の設計や生産のサポートまで行う。このためMTKのプラットフォームを購入すれば1か月程度で簡単に携帯電話が製造できてしまう（阿、2011）。

山寨では工程が細分化されて、それぞれの専門企業による社会的分業が発達している。携帯電話の設計会社がMTKのチップを活用して

6 2013年9月時点での中国市場でのスマートフォンの実勢価格（1元16.23円換算）例は次のようになる。山寨系企業北京小米の紅米は約12,968円、レノボK900は41,387円、サムスンGALAXYS4は64,109円、ソニーXperia-Zは80,825円程度になる（尹、2013）。

回路設計や形状設計するし、なかには生産まで受託する。これら携帯電話設計企業は中国政府の国産化推進によって市場を失った台湾や韓国企業をはじめで、その後国営企業からスピンアウトした技術者が担い手になる。さらにODMやEMS企業があり外部で組立を行える。

こうして日本や欧米企業とは異なって、携帯電話事業は未経験者でも創業できるようになり、また細分化した工程に専門家が登場して自律分散型の産業構造ができる。2005年にはMTKのプラットフォームを使用して生産する携帯電話企業が、零細も含めて200企業前後も登場して山寨機が活況を呈するようになる（丸川、2007）。

2007年には生産許可制度も廃止され、山寨機企業は堂々と携帯電話企業を名乗れるようになり、2010年には接続許可を取得した携帯電話企業でさえ約350社が存在する（尹、2013）。

山寨機を購入するのは低価格で使用できる電話なら何でもよい顧客層、収入の低い農村など地方の顧客層である。しかし中国の大手企業や海外企業もMTKのプラットフォームを使用した低価格製品を中国市場に投入するようになり、山寨機は同業企業とばかりでなく大手企業との競合を迎える。そこで山寨機はインドや、パキスタン、中東やアフリカなど輸出市場にも活路を見出す（丸川、2013）。また2010年創業で注目を浴びる北京小米は、SNSを活用して口コミの広告とネット販売によるビジネスシステムで急成長している。戦略も行動も柔軟で素早く環境に適応することが自律分散型環境の経営では不可欠になる。

## (2) 中国山寨機ビジネスから学ぶこと

このようにして日本では大手企業しか生産しないハイテク製品が、製品の性能や品質には課題が多いにしても、自然発生的な産業の仕組みで中国では零細企業でも生産できるようになる。コンピュータやCDプレーヤ、DVDプレーヤなどでも同様であり、液晶テレビでも行われている。それは無秩序な偽物生産体系とすることもできるが、新たなものづくりの可能性も秘めている（阿、2011）。

一方これらのデジタル製品分野で最先端技術による高度な製品を標榜してきた日本企業は凋落している。日本の携帯電話事業の立ち上がりは早く、iモードや写メールなど先進的な技術で携帯電話を高機能化したフィーチャー・フォン（feature phone）までは世界を技術でリードしてきたとあってよい。しかし世界市場ではほとんど見る影がなく、その後のスマートフォンでは国内市場まで海外企業に奪われ、携帯事業からは次々と撤退する現実がある。パソコンも世界市場には登場しない。優れた技術を持ちながらも、国内市場中心の高機能なガラパゴス機では世界市場では地歩を築けなかった。これには顧客ニーズを無視して、高度な技術による多機能化に走る日本企業の体質をはじめとしてさまざまな要因があげられるだろう。

このとき中小企業を取り上げれば、中国山寨企業のように挑戦するものづくり精神を失っていると指摘せざるを得ない。先にみてきたように多様で複雑化するデジタル技術は、その複雑性を縮減するために自己完結的な機能を発揮するモジュールという概念の部品を作り出す。さらに一企業の枠を超えて、誰でもが生産と活用できるオープンなモジュールへと発展した。

それは新たなビジネスチャンスをもたらしているのに、それを見出す日本中小企業は少ない。

そこで引き起こされる自律分散型のものづくりはやはり誰でもが参加でき、激的な競争の中で顧客獲得競争とイノベーション競争が演じられる。このときモジュール企業側では事実上の標準の座を獲得するためのイノベーションと価格競争が演じられ、そのモジュールを活用する製品企業側は顧客ニーズに対応した製品を開発する。そして中核モジュールやさらに大きな役割を担うプラットフォームと呼ばれるモジュールが登場すると、ドミナント・デザインのなかで製品の機能が同質化してしまうため、製品企業は少しでも顧客のニーズに合致した製品を開発しようとする。

モジュールの多様な組合せによって顧客価値に合致した製品を創出するか、より低価格で生産していくかという競争になる。今日のデジタル製品はグローバル市場を対象にしている。このため顧客価値はさらに多様になり、画一的な顧客価値で満足する顧客を対象にする巨大市場と、購買能力や習慣、価値観の多様な顧客それぞれに応じた顧客価値を提供するニッチ市場を対象にした競争になる。

そして山寨機は後者の多様な顧客価値に応えるものづくり形態の1つでもある。山寨機ではSIMカードを2枚、3枚挿入できたり、大音量スピーカを備えたりと多様な携帯電話を開発している（丸川、2013）。物まねと同時に顧客価値を実現するためのイノベーションも行われている。翻ってわが国の携帯電話はどうだろうか。子供向けや高齢者向けの機能に絞った機

種もあるが、最先端技術を競い合って開発しているもののほとんどが同様な機能であり、高度な技術による支払い機能やテレビ受信などは、一般顧客には無用なのにほとんどの機種にみられる。機種は豊富なものの選択の余地が少なくデザインなどで選ぶことになる。顧客の価値観の多様化や顧客満足が叫ばれるなかである。

中国ではキャリア最大手の中国移動が、基本ソフトAndroidを使用した高機能のスマートフォンOPhoneを開発した。OPhone用に手直しした基本ソフトはオープン・プラットフォームとして他の企業でも使えるようになったため、簡単にスマートフォンが製造できる<sup>7</sup>。山寨機の影響もあってか中国ではオープンなものづくりの可能性を模索している。

#### 4 自律分散な環境での中小企業経営

今までデジタル技術がもたらしたものづくりの変容、デジタル技術の特徴を活用した中国山寨機のものづくりをみた。そうした変化に対して日本企業は新たなものづくりを構築したとは言いがたい。デジタル技術は長い時間のなかで緩慢ではあるがダイナミックな変化をもたらしている。ラジカルな変化は長い時間のなかでいつしか過去の資源や強みを無力化してしまうものであり、早期に変化に対応しないと優れた企業でも生存できなくなる（McGahan, 2004）。今そうした環境変化に直面している。ものづくり方法のイノベーションが求められるなかで中小企業はどのように対応すべきなのであろうか。

##### (1) オープンなモジュール領域での経営

オープンなモジュールが登場することで、自

<sup>7</sup> 朝日新聞グローブ、2013年10月25日。

律分散型のものづくりが登場した（小川、2012）。その変化に対応したものづくりに挑戦したのはアメリカと台湾のベンチャー企業であり、また中国山寨のものづくりである（川上、2012）。対して日本では従来の垂直統合型の生産やクローズドな規格にこだわり、大企業は世界への飛躍の機会を逃した。従来の統合型で強みを発揮した製品アーキテクチャでもものづくりを行い、イノベーションの成果を生かせずに敗退した。そして挑戦することが特質の1つであるべき中小企業も、グローバル市場の開拓や新たなものづくり創出に挑戦せずに、垂直統合型の傘の中に入る志向から脱皮できず従来の発想で自律化できる機会を逃してきた。

デジタル技術の時代は大企業であることの有利性が薄れ、柔軟で躍動力のある中小企業が経営力を発揮できる時代である。アメリカや台湾のベンチャー企業、山寨もデジタル技術領域で生まれ成長した。そこから中小企業は何を学べるだろうか、次のような経営の方向がある（小川、2013）。

#### ①オープンなモジュールによるニッチ製品創出

目覚ましいデジタル技術進展の一方で、高性能なモジュールがオープン化されている。そうしたモジュールを活用すれば中小企業でもニッチな製品が創出できる。市場調達できるモジュールを活用して独創的な製品が生産できる。

今日のスマートフォンまで発展する2001年発売のアップルの音楽プレーヤーiPodは、外部の企画設計会社とウォルフソンやTI、ソニーなど著名企業のモジュールを組合せて創造した画期的な製品である（Utterback、2006）。今、オーディオの世界ではCDを超える高音質なデジ

タル音楽への変革が始まっており、さまざまな機器が登場する。それはニッチなマニア市場であり中小企業が対応しやすい市場である。こうしたニッチ市場や生産設備、制御機器など中小企業領域での製品創出にオープンなモジュールが活用できる。

ただ一般に日本企業は新しい製品という独自の技術と規格で開発しようとする。それだけでなく、独自の概念でオープンなモジュールで構成する製品創出が求められている。コンピュータ技術、インターネット技術を活用することが重要なのである。存在するものの組み合わせを変えて新しいものを創造することこそシュンペータのいうイノベーションである。独創的な発想によって外部の資源を取り込むことが、とりわけ中小企業には必要である。

#### ②ニッチでオープンなモジュールを創る

最終製品ではなく、それを構成するモジュールさらにそのモジュールを構成するサブモジュール、その原材料などの部品生産の経営もある。かつてわが国が隆盛を誇ったIC領域では凋落が顕著であるが、統合型技術で構成されるモジュールやその原材料では日本企業は競争力を持っている。デジタル製品分野で敗退した大企業は今後、モジュールや素材分野に注力することが予想される。それらの下請分野も含めて、中小企業はニッチなモジュール、サブモジュールの分野に進出し、その世界でデファクト・スタンダード獲得をめざす。今後ますますデジタル化が進展する自動車や精密機械、工作機械などの領域でもニッチでオープンなモジュール創出の機会は少なくない。

#### ③EMSやODM経営を

デジタル製品分野にはOEMやODMという経営形態が存在するようになった。この経営形態を活用すれば生産設備や技術を保有しなくても製品企業になれる。事実、アマゾンやグーグルが高性能なタブレットを提供しはじめた。情報産業だけでなく流通業もODMを活用して自社ブランド製品を販売するようになってきている。中小企業の場合も前述のニッチ製品をODMやOEMによる少量生産で行うのも選択肢である。ただこの場合には販売能力が課題になるが、ニッチな製品であればインターネットによる販売も可能である。

反対にEMSやODM経営を自ら行う方向もある。鴻海精密工業のような巨大な工場経営ではなく、多様な小ロット製品を受託する経営である。単独でできなければネットワークを構築して連携によって行う方法もある。顧客対象は世界中である。後述するメイカーズ (makers) から受託する方向も今後はある。

#### ④山寨のインフラを活用する

中国深圳市に勃興したような山寨のものづくり集積を活用して、低価格な新興国向け製品を創ることは中小企業でもできる。販売対象にする新興国顧客の特性に合致した合法的な模倣でない低価格製品で山寨企業単独では作れない製品を生産して販売する。それは模倣されるだろう。しかし販売方法やトータルな事業の仕組みは簡単には模倣できない。山寨のインフラを活用したものづくりがあってもよい。

#### (2) デジタル技術を活用したものづくり

情報技術の発展はサービスやインターネットの世界に止まるのではなく、製造業の分野に活用されて21世紀の産業革命がはじまるのであ

り、今それが実現できるようになってきたとアンダーソン (Anderson, 2012) は指摘して、その象徴的な例を3Dプリンターに求めた。形状は情報化できるものであり、物はデジタル情報になる。このためデジタル技術の発達によって情報から直接物ができるようになり、CADで設計したデータから3Dプリンターによって、まだ粗いものではあるが直接物ができるようになった。それは誰でもがものづくり起業家になれることを意味し、ものづくりの仕組みを大変革する可能性を持つ。

確かに設計データから直接製品を製作する技術が急速に発達している。槽内の紫外線 (UV) 硬化型の樹脂材料に、設計した形状データからレーザー光線を照射して製品形状を作る光造形システムは製品モデルなどの試作用に使用されてきたし、粉末の金属や樹脂を積み重ねて形状を作りそれを焼成して金属製品を製作する粉末焼結のような技術もあった。

今これらの技術も含めて3Dプリンターという範疇で語られる。それはCADデータを活用して溶融した樹脂や金属などをプリンターで噴射積層して立体形状を作る技術である。前述の技術などよりも製品が簡単に机の上で少量生産できるとして、また3Dプリンターでなければ製作できない形状の製品を作るものとして注目を浴びている。

アンダーソンの産業革命という主張はデジタル技術によって直接的にCADデータから物ができることよりも、小ロットな物を個人や小規模企業がメイカーズとして生産することができることを指している。すでにガーシェンフェルド (Gershenfeld, 2005) が予言したように、も

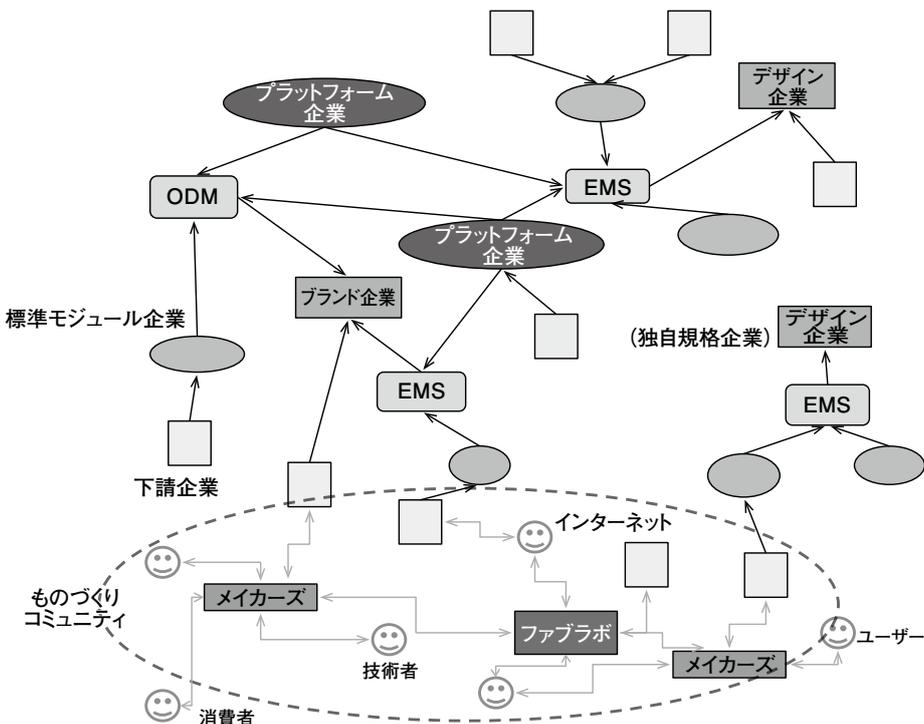
のづくりのデジタル化は個人が自己実現のためにものづくりを行うパーソナル・ファブリケーションを実現しはじめた。そうした世界中の誰でもが起業家になれる環境をデジタル技術がもたらしていることに注目する。一方で現在の3Dプリンターの精度は粗く試作品レベルの状態であるとする論者も少なくない（水野、2013）。まだ3Dプリンターが産業革命を起こすデジタル技術とはいえない。それに物は形があるだけでは製品ではない。使用条件に応じた堅牢性や耐久性を持つ構造、使い易さ、品質の良さなど様々な属性が加わらないと購入に足る製品ではない。

しかし自分だけの物や趣味として作る物、ネット上でそれに関心を持つ人々が共同で製作していく物など、新たな視点からのものづくりの可能性を秘めている。とりわけ構想する製品を

ネット上に公開し、その賛同者や技術者が参加するコミュニティで製品を作り込むことは新たなものづくりの仕組みの1つとして注目できる。またネット上に製作する物を提示して、その製品に関心を持つ人から資金を集めるクラウド・ファンディングによる資金調達で、マーケティング活動も同時に行うなどアンダーソンの指摘する方法は新しいものづくりを予感させる。

このようなインターネット活用のもものづくりコミュニティに多品種少量生産や受注生産、試作などに精通した中小企業が加わることで本格的な製品ができるようになる。図-2のようにメーカーズに中小企業や産業集積、そして技術者や消費者などが加わったコミュニティを形成することで新しいものづくの世界が登場する。熟練技能や匠の技術を標榜するものづくりノウハウを保有する中小企業がインターネットを介し

図-2 自律分散型ものづくりネットワークの広がり



てデジタルなものづくりを志向するネットコミュニティを形成すれば、イノベーションが起こる。それは日本中小企業が再生する一つの方向になる。

## おわりに

いままでデジタル技術の発展によって製品だけでなくものづくりの仕組みが変貌してきたことをみてきた。しかし日本企業は優れた技術や技能を誇りながらも、世界のなかで競争力を発揮できず敗退している。その大きな理由の一つは自律分散型のものづくりに対応した新たな仕組みを構築せず、製品や技術の優位性だけを追求して顧客が求める製品を提供しなかったことが大きい。優れた技術とは顧客が求める製品を実現する技術であって、どんなに貴重で先端的な技術であっても顧客価値を提供できない技術は価値がない。顧客は技術を購入するのではなく必要な製品を購入するのである。

一方でわが国中小企業は設備投資をためらい、いつしか職人技能を誇るようになった。経済の高度成長期、わが国企業が躍進したのは最新の技術と設備を先進国に先駆けて導入し、それを有効活用するために熟練技能を醸成したためである。ものづくりが再生するためにはデ

ジタル技術を活用し、それを活かせる新しい熟練技能を養成することが必要である。

自律分散型の産業構造の出現は中小企業の特性を生かせる環境の出現でもある。さまざまな試みを大胆に行い、絶えずイノベーションに挑戦しながら柔軟に素早く環境変化に対応する。そして小さな企業であっても専門企業として自律するにはインフラとしてのデジタル技術活用が欠かせない。

藤本（2005）は、日本企業は中国企業に対しては擦り合せ製品で勝負するという視点転換が必要であるとして、モジュール型のものづくりに対して擦り合せ型の組織能力に長ける日本企業の優位性を指摘した。しかしその後の推移をみると情報機器だけでなく家電製品などでも日本企業は競争力低下だけでなく、衰退化していることが明瞭になりつつある。

誰でもがものづくりに多様な形態で参加できるようになろうとしているオープンなモジュールを基盤にする自律分散型の産業構造のなかで、日本企業は新たな視点でデジタル技術を活用したものづくりの仕組みを再構築することが不可欠である。最新のデジタル技術を活用した新しいものづくり概念を創出し、新しいものづくりイノベーションに挑戦する中小企業の出現に期待したい。

## 【参考文献】

- 阿甘 (2011)、(徐航明/永井麻生子訳)『中国モノマネ工場』日経BP。
- 青木昌彦 (2002)、「産業アーキテクチャーのモジュール化」青木昌彦・安藤晴彦編著『モジュール化』東洋経済新報社。
- Baldwin, C. Y. and Kim Clark (1997), *Managing in an Age of Modularity*, Harvard Business Review, Sep. -Oct.
- Baldwin, C. Y. and Kim Clark (2000), *Design Rules*, MIT Press. (安藤晴彦訳『デザイン・ルール』東洋経済新報社2004年)。
- Burgelman, R. A. (2002), *Strategy Is Destiny*, The Free Press. (石橋善一郎ほか監訳『インテルの戦略』ダイヤモンド社、2006年)。
- Ceruzzi, P. E. (2003), *A History of Modern Computing*, The MIT Press. (宇田理・高橋清美監訳『モダン・コンピューティングの歴史』未来社、2008年)。
- 藤本隆宏・新宅次郎編著 (2005)、『中国製造業のアーキテクチャ分析』東洋経済新報社。
- Grove, Andrew S. (1999), *Only the Paranoid Survive*, Crown Business. (佐々木かをり訳『インテル戦略転換』七賢出版、1997年)。
- Gershenfeld, Neil (2005), *Fab*, Basic Books. (糸川洋訳『Fab』オライリー・ジャパン、2012年)。
- 尹勇鋼「中国の携帯電話端末産業におけるドミナント・デザインとイモベーターとの関係」大阪商業大学大学院修士論文中間発表会資料、2013年。
- 稲垣公夫 (2001)、『EMS戦略』ダイヤモンド社。
- 川上桃子 (2012)、『圧縮された産業発展』名古屋大学出版会。
- 川濱昇・大橋弘・玉田康成編 (2010)、『モバイル産業論』東京大学出版会。
- 丸川知雄 (2007)、『現代中国の産業』中央公論社。
- 丸川知雄 (2013)、『チャイニーズ・ドリーム』筑摩書房。
- McGahan, Anita M. (2004), *How Industries Evolve*, Harvard Business School Press. (藤堂圭太訳『産業進化の4つの法則』ランダムハウス講談社、2005年)。
- 水野操 (2013)、『3Dプリンター革命』ジャムハウス。
- 内藤耕・禿 節史・赤城 三男・溝渕 裕三 (2006)『デジタル技術の衝撃』工業調査会。
- 小川正博 (2012)、「製品アーキテクチャの変化とものづくりネットワーク」小川正博・西岡正・北嶋守編『ネットワークの再編とイノベーション』同友館。
- 小川正博 (2012)、「オープンなモジュール化と中小企業経営」『CUC View & Vision』No.34、千葉商科大学。
- 小川正博 (2013)、「自律分散型ものづくりと中小企業経営」『中小企業季報』No.1、大阪経済大学中小企業・経営研究所。
- SE編集部 (2010)、『僕らのパソコン30年史』翔泳社。
- 立本博文 (2009)、「台湾企業：米国企業のモジュラー連携戦略」新宅純二郎・天野倫文編『ものづくりの国際経営戦略』有斐閣。
- Utterback, J. M. (2006), *Design-inspired Innovation*, World Scientific Pub. (サイコム・インターナショナル監訳『デザイン・インスパイアード・イノベーション』ファーストプレス、2008年)。
- 安本雅典 (2010)、「日本の携帯電話」「グローバルな携帯電話メーカーの競争力」「海外携帯電話産業の転機」丸川友雄・安本雅典編著『携帯電話産業の進化プロセス』有斐閣。