

Title	コンピュータ産業におけるモジュール化の特性
Sub Title	Modularity in computer industry
Author	糟谷, 崇(Kasuya, Takashi)
Publisher	慶應義塾大学出版会
Publication year	2005
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.48, No.1 (2005. 4) ,p.289- 298
JaLC DOI	
Abstract	<p>本稿の目的は、コンピュータ産業の歴史を概観することによって、モジュール化に関する分析枠組を検討することにある。現在、モジュール化の議論は広く展開されているが、そのなかの1つとして「モジュール化」と「インテグラル化」という対極の概念による検討が存在する。「モジュール化」はコンピュータ・アーキテクチャという製品構造に関する議論や、複雑性解決の手段として古くから利用されてきたものと共通する考え方として、特に生産工程のモジュール化として議論される。一方で「インテグラル化」は相互依存型の製品設計や統合型組織形態にみられる。自動車は、その部品間の技術的・属性的補完性の存在のためにインテグラル型の製品として扱われることが多い。コンピュータ産業にはこうした、モジュール化の影響が随所にみられる。モジュール型設計を実現したシステム/360からIBM PC/AT を経て、現在のインテル主導のPC アーキテクチャ、これらはそれぞれ「モジュール化」、「インテグラル化」の両者を内包している。たとえば、システム/360は、製品設計上は「モジュール化」を満たしているものの、これを開発したIBM は垂直統合型企業の典型であると言えるだろう。またインテル・アーキテクチャは、製品アーキテクチャ内に「モジュール化」と「インテグラル化」がみられる。製品設計上、大きく2つのサブシステム内に分割され、それぞれのなかに独立したモジュールが存在している。チップセットによってその独立性が保たれてはいるものの、時間経過による性能向上の実現は相互依存的な要因を払拭しきれてはいない。このように同一産業、同一企業、同一製品内においても「モジュール化」、「インテグラル化」の判別が困難になっている状況や、ファブレス企業といった新たな製造企業が誕生していることを踏まえると、既存のモジュール化の分析枠組みでの限界が明らかになったと言える。</p>
Notes	植竹晃久教授退任記念号
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-20050400-0289

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

コンピュータ産業におけるモジュール化の特性

糟 谷 崇

<要 約>

本稿の目的は、コンピュータ産業の歴史を概観することによって、モジュール化に関する分析枠組を検討することにある。現在、モジュール化の議論は広く展開されているが、そのなかの1つとして「モジュール化」と「インテグラル化」という対極の概念による検討が存在する。「モジュール化」はコンピュータ・アーキテクチャという製品構造に関する議論や、複雑性解決の手段として古くから利用されてきたものと共通する考え方として、特に生産工程のモジュール化として議論される。一方で「インテグラル化」は相互依存型の製品設計や統合型組織形態にみられる。自動車は、その部品間の技術的・属性的補完性の存在のためにインテグラル型の製品として扱われることが多い。

コンピュータ産業にはこうした、モジュール化の影響が随所にみられる。モジュール型設計を実現したシステム/360からIBM PC/ATを経て、現在のインテル主導のPCアーキテクチャ、これらはそれぞれ「モジュール化」、「インテグラル化」の両者を内包している。たとえば、システム/360は、製品設計上は「モジュール化」を満たしているものの、これを開発したIBMは垂直統合型企業の典型であると言えるだろう。またインテル・アーキテクチャは、製品アーキテクチャ内に「モジュール化」と「インテグラル化」がみられる。製品設計上、大きく2つのサブシステム内に分割され、それぞれのなかに独立したモジュールが存在している。チップセットによってその独立性が保たれてはいるものの、時間経過による性能向上の実現は相互依存的な要因を払拭しきれてはいない。

このように同一産業、同一企業、同一製品内においても「モジュール化」、「インテグラル化」の判別が困難になっている状況や、ファブレス企業といった新たな製造企業が誕生していることを踏まえると、既存のモジュール化の分析枠組みでの限界が明らかになったと言える。

<キーワード>

モジュール化、インテグラル化、デザイン・ルール、製品アーキテクチャのモジュール化、モジュール型設計、コンピュータ・アーキテクチャ、システム/360、IBM PC/AT、インテル・アーキテクチャ、チップセット、PCIバス、プラットフォーム・ベンダー、ファブレス企業

1. はじめに

近年のIT（情報技術）の発展は単に企業による情報の交換や処理のための手段をもたらしただけでなく、プロダクトライフサイクルの短縮化、そして最終製品レベルから部品レベルに至る段階における競争の激化など、企業や産業を取り巻く環境を大きく変化させた。こうした状況を理解するうえでモジュール化という概念が注目されている。

モジュール化とは何かについては、論者のあいだでもかならずしもコンセンサスが形成されているわけではなく、議論の方向性についても分散している傾向がある。だが、モジュール化に関する代表的な議論は、コンピュータを中心とする情報通信産業において活発に展開されてきた。¹⁾つまりそれは、コンピュータのアーキテクチャやソフトウェアプログラミングにおける構造にまつわる議論であった。一方で、モジュール化とは対極の概念であるインテグラル化については、自動車産業をその典型例として挙げるができる。それは自動車における部品間の技術的・属性的補完性の存在によるものとされている。

本稿の場合、モジュール化が複雑性を解決するための手段として古くから利用されてきた、という見解²⁾（Langlois 1999；青木 2002）を支持したうえで、IBMのPC/AT互換機の汎用部品中心の製品設計から現在のインテル（Intel）に代表されるカスタムチップ中心の製品設計に至る流れを検討する。そうした営みによってモジュール化とインテグラル化の二分法とは異なる分析視点の必要性が明らかになる。さらに本稿は、コンピュータ産業の現在の環境と他産業との比較を通じて今後のモジュール化に関する理論的展望について記しておく。

2. モジュール化の先行研究の検討

前述したように、定型化されたモジュール化の概念はいまだに存在していないものの、主要な論者が示した見解には幾分の共通性が存在している。たとえば、モジュール化に関する先駆者的研究の1つであるBaldwin and Clark（1997）の場合、モジュールとは、構造的に独立しているが、一緒になって働く大きなシステム中の単位を意味し、システム全体は、構造面の独立性と機能面の統合を可能にする枠組、すなわちアーキテクチャを提供しなければならないと論じた。さらに青木（2002）の場合、1つの複雑なシステムやプロセスを一定の連結ルールに基づいて、独立に設計さ

1) Baldwin and Clark（2000）は、コンピュータ産業をケースとしてモジュール化の概念的枠組を説明している。

2) 彼らは、モジュール化の概念は複雑性を処理する原初的な工夫であるということが、アダム・スミスの古典的分業論やサイモン（Herbert A. Simon）の時計職人の寓話によって示唆している。

れうる半自立的なサブ・システムに分解することをモジュール化と呼んでいる。これらの主張は、モジュール化を構造に基づいて定義したもの³⁾と言える。

こうした構造上の結びつきを理解する際に重要なのは、デザイン・ルールの存在である。システム全体は、モジュール同士の結びつきによって構成されるのだが、その結びつきを説明するのがデザイン・ルールである。ボールドウィンとクラークによると、デザイン・ルール（あるいは、可視情報）は、3つの要素に分類することが可能である。まず第1に、どのモジュールがシステムの構成要素となり、どのように機能するかを特定するアーキテクチャである。第2に、モジュール間の相互作用、配置、連結、そして情報交換の仕方を詳細に規定するインターフェイスである。そして第3に、モジュールのデザイン・ルールに対する適合性の検証、および他のモジュールとの比較を通じて、あるモジュールの性能を測定するスタンダード（標準）である。そして、モジュール同士が独立して機能するには Baldwin and Clark (2000) は、情報を隠すことが重要⁵⁾だと論じている。すなわち、可視情報 (visible information) が、システム全体のパラメータであるのに対して、隠された情報 (hidden information) はモジュール内でしか取り扱われないパラメータである。

このように、用語法に違いがあるものの、ある程度の共通した認識の下でモジュール化の議論は展開されている。次に、実際に分析を進めていくうえで、いかにしてモジュール化という概念を適用するかにかんする2つのアプローチを検討し、両者の差異と関連性を説明してみたい。また、こうしたアプローチが現在の自動車産業にいかなる含意をもたらしているかについても言及する。

(1) 情報システムとしてのモジュール

青木 (2002) は、モジュール化におけるシステム情報の処理やモジュラリティ形成の手続きに関して (1) ヒエラルキー的分割、(2) 情報同化型連結、(3) 情報異化型・進化型連結といった3つの基本型を提示した。すなわち、これらの基本型は、システム内におけるモジュール間の情報のやりとりによって、モジュール化を体系化しようとする概念的枠組にほかならないである。

また青木 (1995) は、組織内のモジュール間における情報処理カプセル化の影響を分析し、異なった組織形態における情報処理の効率性を比較した。これら3つの基本型のなかでも、情報カプセル化が相対的効率的⁶⁾だと考えられている。青木の場合、IBM のシステム/360のようにモジュール間の連結ルールが事前的に固定される場合、日本の自動車産業のようにモジュール間の情報交換

3) この定義とは対照的に、Ulrich (1995) は、モジュール型（製品）アーキテクチャを機能に基づいて定義している。

4) 青木 (2002) はこの3つの分類を包括して連結ルールとしている。

5) モジュール化が、独立した並行作業を可能とするためには情報が隠される必要がある。これは青木 (2002) の「情報のカプセル化」とほぼ同義である。

6) 青木 (1995) は、組織内のモジュール間における情報処理カプセル化の影響を分析し、異なった組織形態における情報処理の効率性を比較した。

によって中間的に修正される場合、そしてシリコンバレーにおける各モジュールに情報処理が完全にカプセル化された場合の比較研究を行った。

こうした比較情報システム論の立場からのアプローチは、シリコンバレー型モデルの効率性を説明するものであるが、日本の産業発展における歴史経路の存在などを勘案すれば、アメリカの文脈で効率的なシリコンバレー型モデルを、機械的に採用しようとしてもかならずしもうまく機能しないであろう。

(2) 産業システムにおけるモジュール化

このアプローチは、情報通信産業や自動車産業などの個別的な産業のケース・スタディを背景とした分析である。武石・藤本・具(2001)は、自動車産業をケースとしてとりあげ、日本の自動車産業と欧米の自動車産業とのあいだに存在するモジュール化の差異を明らかにしている。彼らによれば、モジュール化と呼ばれる現象は、主に(1)テクノロジー・マネジメント(MDT)の領域で論議されている製品アーキテクチャのモジュール化(すなわち、製品開発におけるモジュール化)、(2)生産のモジュール化、(3)企業間システムのモジュール化(すなわち調達部品の集成化)といった3つのタイプに大別できよう。これら3つの異なるモジュール化のタイプが混同されてしまうと、議論の混乱を招くしかないのは言うまでもない。

ここで3つのタイプについて少し検討することにしよう。まず第1に、製品アーキテクチャのモジュール化である。これは、製品機能ヒエラルキーと製品構造ヒエラルキーの相互関係の上に定義されるものである。機能と構造の相互依存性を低減することが、製品アーキテクチャのモジュール化にとって本質的であり、ここでは、簡略化と標準化がなされた部品間インターフェイスが重視される。第2に、生産のモジュール化である。これは、製品構造ヒエラルキーと生産工程のヒエラルキーの相互関係である。ここでは、生産工程と製品構造の結びが考慮されなければならない。そして第3に、企業間システムのモジュール化においては、生産的なアクティビティの分業(すなわち、生産工程の企業間での配分)についての関係を扱う。企業間での開発や生産といったアクティビティの分業は、製品機能設計、製品構造設計、工程設計、工程準備、そして生産といった段階ごとに定めることが可能である。企業間システムのモジュール化とは、これらの活動のどこに企業の境界を設定するかといったことを指す。

藤本(2002)は、以上のような枠組をベースにして、日米欧の自動車メーカーにおけるモジュール化の実態の差異を明らかにしている。すなわち欧米企業では、企業間関係のモジュール化が先行しているのに対して、日本企業の場合、生産のモジュール化の取組みが活発になっている。このように、自動車産業と一口に言っても、国によってモジュール化の経路は多様性を持っている。こうしたモジュール化の経路の差異は、国はおろか企業によっても異なる可能性がある。したがって、モジュール化の展開を明らかにするためには、モジュール化がどのレベルで進展しているのかと

いった問題の切り分けが重要になってくる、と考えられよう。

3. コンピュータ産業のモジュール化

(1) コンピュータのモジュール化と初期の PC

現代のコンピュータ産業に対する最も大きな影響は、1964年4月のIBM システム/360のリリースであった、と言っても過言ではない。コンピュータ・アーキテクチャ⁷⁾の概念が最初に導入されたのはシステム/360においてであった。こうしたモジュール型設計の浸透を通して、コンピュータ産業は大きく変化していく。コンピュータのオープン化とダウンサイジング化⁸⁾が進むにつれて、新たな企業参入が相次いだが、その結果として、今日の巨大複合産業が形成されるに至った。

1970年代後半に、個人での購入が可能になるほどまでに、小型化と低価格化が進んだコンピュータが発売された。こうしたコンピュータは、当初マイクロコンピュータと呼ばれており、このビジネスにはアップル (Apple)、コモドール (Commodore)、そしてタンディ (Tandy) などの多くのメーカーが参入していた⁹⁾。しかし、1981年8月にIBM Personal Computer model 5150 すなわちIBM PC がリリースされたことによって、コンピュータ産業は、大きな転機を迎えることとなった。

IBM PC は、ほぼすべての部品が汎用部品の組み合わせによって構成され、IBM 製の半導体は、主要部には一切使用されていなかった。IBM は、重要なコンポーネントの製造を外部、すなわちマイクロソフト (Microsoft) とインテルに委ねる決定を行った。また、IBM PC は、その回路図、システム BIOS のソース・コードといったシステムの仕様を公開するオープン・アーキテクチャを採用していたために、多くのサードパーティが参入することとなった。

こうしてIBM PC はその廉価な価格と高い拡張性によって大きな成功を収める。1983年にはグローバルなPC市場でマーケット・シェア70% (米市場で26%) を実現し、PC市場におけるデファクト・スタンダードを確立しようとしていた。しかし、1984年8月に登場したIBM PC/AT 互換機の普及とともに、その後のPS/2の失敗などが重なって、IBM はPC市場でのパワーを次第に失っていった。

7) 「アーキテクチャ」はプログラマーに見えるシステム属性である。それはデータのフロー・コントロールの機構とは異なる概念的構造、機能反応、論理設計、物理的実装のことである。Amdahl *et al.* (1964)

8) ダウンサイジングの進展にはシステム/360によって確立された技術の貢献が大きい。汎用OSの採用、外部記憶装置の提供による仮想記憶の実現などがそれに当たる。

9) コンピュータの歴史に関しては、数多くの文献が存在するが、マイクロコンピュータの産業としての歴史についてはLanglois (1992) を参照。

(2) IBM クローンからの転換

IBM が PC 市場で凋落した原因として、主に 2 つの点を指摘することができる。まず第 1 に、IBM がマイクロプロセッサ技術の戦略的重要性を見抜けなかったことである。これは、マイクロプロセッサという製品が、コンピュータ産業における創造的破壊をもたらすほど劇的な変化であったこと（実際、マイクロプロセッサは、ムーアの法則にしたがって、これまでにない速度で性能向上を実現していった）と関係していよう。メインフレームを扱っていた IBM にとって、マイクロプロセッサや PC は中核業務ではなかったために、インテルの技術はまさに破壊的技術であった¹³⁾。かくして、IBM はマイクロプロセッサの製造をインテルに委ねることになり、核となるコンポーネント技術を自社でコントロールできない状況を作り出すこととなった。

そして第 2 に PC システムにおけるチップセットの存在を挙げるることができる。当初、IBM PC/AT では、標準的な CPU の周辺 LSI の組み合わせで回路が構成されていたが、低価格のためにこうした周辺 LSI をより少数の LSI へと集積していく動きがみられた。こうした高密度 LSI は一般的にチップセットと呼ばれるが、チップセット自体は IBM 製のミニコンピュータ等ですでに実用化されていたアイデアであった。PC にチップセットをもたらしたのは、1985年に設立されたチップス・アンド・テクノロジー（Chips and Technologies）という企業¹⁴⁾であった。また、集積が進むにつれてチップセットの提供するインターフェイスの重要性は増していく。このことは、現在の主要なチップセットメーカーであるインテルのパワーが増大することを含意していた。

(3) インテル・アーキテクチャへ

C&T という企業は、チップセットが PC 内部の周辺回路の集積 LSI を指すほどまでに、大きな成功をおさめた。すなわち、それは、最終製品を製造・販売していないメーカーが、特定の最終製品を想定したチップセットを、部品として他社に供給するというビジネス・モデル¹⁵⁾の成功を表して

10) ビジコンがインテルに高性能電卓向けの半導体の設計を依頼したことによる。インテルの技術者 Ted Hoff が 12 個のカスタムチップを代替するための汎用ロジックデバイスの構想を提案、これがマイクロプロセッサ開発につながった。嶋 (1995)

11) 詳しくは Schumpeter (1934) を参照。

12) インテルの設立者、ゴードン・ムーアによる予測を表しており、彼は 1965 年に「半導体素子に集積されるトランジスタの数は 12 か月で倍増する」とした。その後、その期間に関して 12 か月から 24 か月へと変更された。

13) Christensen (1997) は成功している企業が技術や市場の破壊的变化に直面したときに、それが既存のものよりも価値が小さいことなどから対応が困難であることを説明している。

14) 1986 年にリリースされた CS8220 が PC における初めてのチップセットである。CS8220 は IBM PC/AT のフルサイズマザーボードを埋め尽くす部品を、たった 5 つの LSI に集約したものであった。

15) IBM のミニコンピュータからもわかるように、チップセットはコンピュータベンダーが自社開発のチップセットを採用することが通常であった。また現存するチップセットメーカー (VIA Technologies, Ali, SiS) が CS8220 の成功の翌年、1987 年に設立されていることから、このビジネスモデルの成功がわかる。インテルも 1987 年から ASIC (Application Specific IC) 事業へ参入。

いた。

チップセットを利用するメリットとしては、部品点数の削減によるコスト削減、保守性・信頼性の向上、機能・性能の向上が挙げられる。こうしたメリットは、Baldwin and Clark (2000) が述べている¹⁶⁾、システム/360のモジュール型設計の成功と共通するものである。比較的シンプルな構造であったIBM PCは、チップセットのような集積回路を使わずに、ディスクリート部品の使用による製造は難しいことではなかったのだが、1986年以降に登場したマイクロプロセッサの性能を引き出すには、チップセットを採用しなければならなかった。なぜなら、チップセットによって、メモリーバスとI/Oバスが分離されたことが、その後のプロセッサの高速化の契機となったからである。IBMがこうしたエンジニアリングを怠ったという事実こそ¹⁸⁾、アーキテクチャに関するリーダーシップを失った原因だと言えよう。

80年代後半のチップセット・ベンダーの隆盛は、PCIバスの成功を境にインテル優位の状況へと導いていく。PCIバスはそもそもインテルが1991年に発表したLocal Glueless Busを原案としたものである。PCIバスはプロセッサ・バスから独立した、高速なI/Oバスであった。このPCIバスの普及プロセスも、現在の競争環境を作りあげた重要な要因として挙げられよう。

当初から、特定のプロセッサやアーキテクチャに依存しない汎用高速バスとして構想されていた、PCIバスを普及させるために、インテルは、規格の標準化作業を単独では行わず、業界団体であるPCI SIG (PCI Special Interest Group) へと委ねた。ここでのインテルのインターフェイスのオープン化戦略の結果として、PCIバスは、デファクト・スタンダードを獲得することとなる。このPCIバスの普及とともに、プラットフォームのリーダーシップは、インテルが握ることとなり、プラットフォーム・ベンダーの地位は、IBMやコンパック (Compaq) といったPCベンダーからチップセット・ベンダーへと委ねられていった。

(4) 現在のコンピュータ産業の構造

C&Tがもたらしたチップセットの成功は、PCの性能向上に影響を与えただけではなかった。C&Tは、工場（ファブ）を持たないファブレス半導体企業の草分け的存在であり、ファブレス企業として最も成功した企業の1つに挙げられる。ファブレスに対するファウンダリーメーカーの成功も、こうしたファブレス企業の成功が後押しした結果であろう。

16) チップセットは、Amdahl *et al.* (1964) が述べている、システム/360の要件を集約したものの、実現であると言える。

17) IBM PC/ATまでは、ISAバス (I/Oバス) はプロセッサ・バスの延長線であり、CPUの動作クロックと連動していたために、I/Oバスの互換性を維持できないという問題を抱えていた。

18) このエンジニアリングは、コンパックによって行われたため、この時点ではプラットフォームのリーダーはPC (システム) ベンダーにあった。

19) 國領 (1999) は、水平展開型ビジネス・モデルとして、インテルをとりあげ、オープン・アーキテクチャ戦略の重要性について述べている。

また、チップセット・ベンダーにプラットフォーム・ベンダーの役割が移ったことによって、PCベンダーの存在意義は、大きく変わることになった。チップセットの供給を外部に依存することで、PC自体の差別化は困難になってしまった。すなわち、このことは、技術開発能力から製造能力を問われる、サプライヤーへの変化を意味していた。実際に、PC市場で成功をおさめているのは、IBMやHPといったシステムベンダーではなく、むしろデル・コンピュータ（Dell Computer）や台湾メーカーのようなサプライ・チェーンを重視した流通業者なのである。

このように、現在のコンピュータ産業は、ファブレスメーカーといった製品設計に特化した企業から、PCメーカーのようなディストリビューターに至る多種多様な企業によって構成されている。システム/360、PC/AT互換機、インテル・アーキテクチャ、そしてPCベンダーといったものはすべて、モジュール化を通してコンピュータ産業に大きなインパクトをもたらしてきたが、それぞれのモジュール化のレベルは、大きく異なっており複雑に影響しあっていることを記しておかなければならない。

4. 結語

コンピュータ産業は、その製品アーキテクチャの特性ゆえにモジュール化が進んでいる産業だとみなせるであろう。一方で、現在のインテル・アーキテクチャをみると、全体のシステムとしてはモジュール化が進んでいるものの、チップセットの登場によってひとつひとつのLSIは、集積・統合²⁰⁾へと向かっている。それにともない、一部のデバイス間（とくに、CPUとメモリ）の相互依存性が高まっている。すなわち、特定部品において、性能向上のために、全体最適を追求せざるをえない状況が発生している。したがって、モジュール化（サプライヤーにおける流れ）とインテグラル化（プラットフォーム・ベンダーにおける流れ）という双方の性格が共存しているために、これら2つの枠組を用いたとしてもインテル・アーキテクチャの理解は難しいと考えられる。

またインテグラル化として扱われる自動車産業では、その競争力の要因として、サプライヤー・システムの強さが挙げられている（藤本・伊藤・西口 [1998]）。そして武石・藤本・具によるモジュール化の分類においても、生産・調達の側面が色濃く出ているように思われる²¹⁾。そのため、コンピュータ産業における、モジュール化の現状（すなわち、ファブレス企業の存在）を理解することも難しいであろう。

近年、とりわけ技術開発に対する投資額が増加してきていること、そして技術開発に関するアラ

20) 同様のことは日本の自動車産業でも発生している。一部の部品のダウンサイジングのために機能統合モジュールを採用している。

21) 設計においても、貸与図方式、承認図方式、そして委託図方式（浅沼 [1997]、藤本 [1997]）といったサプライヤーとの取引方式が注目される。

イアンスが重要になってきていることを考慮すると、生産-企業間システムといった軸以外に、製品開発-企業間システムの側面を検討するといった形で、理論を拡張していくことが必要だと思われる。そして、コンピュータ産業のケースをみると、産業の範囲は広がりつつあり、同一産業内での企業比較が困難になっているように感じる²²⁾。それは自動車部品において、カスタム LSI の重要性が高まっていることによっても例証されるだろう。本稿を結ぶにあたって、今後の研究課題として、以上に示した問題を解決するための理論的枠組の構築が必要である、ということを書いておきたい。

参 考 文 献

- 青木昌彦 (1995), 『経済システムの進化と多元性: 比較制度分析序説』, 東洋経済新報社.
- 青木昌彦 (2002), 「産業アーキテクチャのモジュール化: 理論的イントロダクション」, 青木昌彦・安藤晴彦編 (2002) 所収.
- 青木昌彦・安藤晴彦編 (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.
- 浅沼万里 (1997), 『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム: 長期取引関係の構造と機能』, 東洋経済新報社.
- 國領二郎 (1999), 『オープン・アーキテクチャ戦略: ネットワークの時代の協働モデル』, ダイアモンド社.
- 柴田友厚・玄場公規・児玉文雄 (2002), 『製品アーキテクチャの進化論: システム複雑性と分断による学習』, 白桃書房.
- 嶋正利 (1995), 『次世代マイクロプロセッサ: マルチメディア革命をもたらす驚異のチップ Nikkei Infotech』, 日本経済新聞社.
- 武石彰・藤本隆宏・具承桓 (2001), 「自動車産業におけるモジュール化: 製品・生産・調達システムの複合ヒエラルキー」, 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 (2001) 所収.
- 藤本隆宏 (1997), 『生産システムの進化論: トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス』, 有斐閣.
- 藤本隆宏 (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 (2002) 所収.
- 藤本隆宏 (2002), 「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI Discussion Paper Seiries, 02-J-008.
- 藤本隆宏・伊藤秀史・西口敏宏編 (1998), 『サプライヤー・システム: 新しい企業間関係を創る』, 有斐閣.
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 (2001), 『ビジネス・アーキテクチャ』, 有斐閣.
- Amdahl, G.M., G.A. Blaauw, and F.P. Brools, Jr. (1964), "The Architecture of the IBM System/360" *IBM Journal of Research and Development*, 8. April: pp87-101.
- Aoki, M. (1999), "Information and Governance in the Silicon Valley model", *Working Papers*, Stanford University.
- Aoki, M. (2001), *Toward a Comparative Institutional Analysis*, MIT Press. (青木昌彦, 『比較制度分析に向けて』, NTT 出版, 2001)
- Baldwin, C.Y. and K.B. Clark (1997), "Managing in an Age of Modularity". *Harvard Business Review*, September/October: pp84-93.

22) IBM が 1 社でコンピュータ・システムの開発, 供給をしていた時代から, 現在はマイクロソフト, インテル, そしてデルといった, それぞれの専門に特化した企業が, 競争力を持つようになった。

- Baldwin, C.Y. and K.B. Clark (2000), *Design Rules: The Power of Modularity*, vol.1, Cambridge, MA: MIT Press.
- Christensen, C. M. (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press. (伊豆原弓・玉田俊平太, 『イノベーションのジレンマ——技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』, 翔泳社, 2000).
- Langlois, R.N. (1992), “External Economies and Economic Progress: The Case of the Microcomputer Industry” *Business History Review*, 66, pp1-52.
- Langlois, R.N. (1999), “Modularity in Technology, Organization, and Society”, Working papers 1999-05, University of Connecticut, Department of Economics.
- Langlois, R.N. (2002), “Modularity in Technology, Organization, and Society”, *Journal of Economic Behavior and Organization* 49(1): reprinted in Nicolai Foss and Peter Klein, eds., *Entrepreneurship and the Theory of the Firm*. Cheltenham: Edward Elgar, in press.
- McClelland, J.L., and D.E. Rumelhart (1995), *Parallel Distributed Processing*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Schumpeter, J.A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, MA: Harvard University Press. (塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一, 『経済発展の理論(上・下)』, 岩波書店, 1977)
- Simon, H.A. (1962), “The architecture of complexity”, *Proceedings of the American Philosophical Society* 106, pp467-182.
- Ulrich, K.T. (1995), “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm.” *Research Policy* 24, pp419-440.