

製品アーキテクチャ論に関する一考察

経営学研究科経営学専攻博士後期課程2年

郭 媛瑜

要旨

これまで日本の研究者は製品アーキテクチャ論が現在の企業経営における戦略課題にどのような貢献を行っているのか、について探究してきた。製品アーキテクチャは、最初の製造工程上の概念に留まらず、組織、産業構造などの経営学、経済学分野における幾つかの議論を提起していた。しかし、これまでの議論には、概念や定義にやや混乱が見られる。そこで、本論文では、製品アーキテクチャ論が最初から今までの基本的な研究の流れとそれぞれの研究課題を明らかにし、再整理することとした。

キーワード：(Keywords)：アーキテクチャ (architecture)、製品開発 (product development)、コンポーネント (component)、インターフェース (interface)、組織能力 (organizational capability)

1. はじめに

「製品アーキテクチャ」というコンセプトを最初に提出したのは、Clark (1985) の研究と Hayes and Clark (1988) の研究である。また、Alexander (1964) では、早期から構成要素を機能単位で分化することの利点を示した研究も存在していた。その後、製品アーキテクチャの概念はUlrichらによって精緻化され、製品の内部構造における構造と機能の対応関係、及びインターフェース一般化の程度として認識されるようになる。また、構造要素と機能要素との対応関係の疎密さに応じてインテグラル型かモジュラー型か、インターフェースの一般化の開放度に応じてクローズド型かオープン型かといった評価軸が用いられるようになった (Morris and Ferguson,1993;Ulrich,1995;Ulrich and Eppinger,1998;Fine,1998;青島,1998;藤本, 1998, 2001;国領1999)。

製品アーキテクチャとは、ある製品の構成要素をどのように分解し、どのようなルールで結合するかについての基本設計思想である。構造と機能の対応関係について言及すれば、イ

インテグラル・アーキテクチャでは、構造と機能の対応関係が多対多に近く、構成要素間に緊密な相互作用が生じる。そのうえ、ある任意の要素に変更を加える場合、関連する他の要素群も併せて変更する必要がある。インテグラル型の製品を開発するには、これらの特徴を理解した上で、逐次的な設計開発の進め方を基本とした「擦り合わせの妙」(藤本, 2001)が必要とされる。それに対して、モジュラー・アーキテクチャでは、構造と機能の対応関係が一对一に近く、構成要素間の相互作用は相対的に低いである。モジュラー度が高くなればなるほど、ある任意の要素の変更が及ぼす他の要素群への影響は軽微になる。他の要素への影響を考慮しないで済むことから、個別の構成要素の中では緊密な相互依存関係が見られる。モジュラー型製品の場合は、市場で調達可能な部品(汎用品)だけを集めてきて組み立てるだけでもある程度の製品ができることになる(Fine,1998;国領,1999)。しかしながら、組み合わせによる製品であっても高い商品性を確保するためには、洗練された事前の設計が不可欠であり、「組み合わせの妙」(藤本,2001)が求められる。現代の複雑な人工物では、これらの構造と機能の対応関係は階層化されていることが一般的である。例えば、ある製品の第一階層はモジュラー化されていたとしても、個々の構成要素内、つまり第二階層では前述のように緊密な相互依存性が見られるインテグラル型のこともあるし、更にモジュラー化されて相互依存性が低いこともある。

そして、インターフェースの一般化について、モジュラー化の場合は、構成要素間をつなぐインターフェースが事前に設計される必要がある。この規則の適用が、特定の企業内や極めて緊密な企業間に留まる場合、それはクローズド型である。逆に、特定の企業を越えて広く産業一般、ないし産業を跨いで普及している場合はオープン型である。簡単に言えば、ある構成要素がどの範囲まで代替性を持ちうるか、という見方である。クローズド型の典型は企業内規格である。対してオープン型は、産業内外のみならず地理的範囲まで拡大され得るため、非常に幅広い概念である。オープン型のインターフェースが産業を越え、地域を越えることで、グローバル・スタンダードとして認知される。ゆえに、オープン型インターフェースの概念は、標準化の議論と親和性が高い¹。

以上は、今までの製品アーキテクチャに関する基礎的な概念について簡単に整理したが、製品の高度化・複雑化およびIoT時代で激しい製品の変化に伴い、製品ライフサイクルの著しい短期化が指摘されている。そのため、企業は顧客の要望に応えるため、そして競合他社に遅れを取らないために迅速な製品開発と製品の市場投入を実現しなければならない。製品アーキテクチャの概念は、そのための製品戦略を考える上で欠かせない議論となりつつある。しかしながら、アーキテクチャ論は、産業界による慣習的な意味合いと研究者の分析概念とが混同されがちである。上記のことを念頭に置きつつ、本稿では、各産業と各企業における製品アーキテクチャの概念と各研究者の用語の用い方の相違点を明確にした上で、以下の議論において先行研究の引用に関してはこの限りではないが、概念上の混乱を極力回避したい。

2. 欧米のアーキテクチャ研究

2.1 カール・ウルリッヒのアーキテクチャ研究

カール・ウルリッヒ (1995) は²、アーキテクチャに関する研究において³、製品アーキテクチャの定義、すなわち製品の機能が物理的な構成要素に割り当てられるスキームであることはじめて指摘した。また、製品アーキテクチャ、製品アーキテクチャの種類、製品アーキテクチャと経営学における製品の変化、製品の種類、コンポーネントの標準化、製品性能、製品開発管理などの潜在的な関連性を明確にしている。とりわけ、ソフトウェアエンジニアリング、設計理論、運用管理、製品開発のマネジメントなど、いくつかの異なる分野の断片を統合して、概念的かつ基礎的な理論構築した。そして、ウルリッヒは製品アーキテクチャは幅広い影響力を持ち、製品アーキテクチャに関連する意思決定に取り組み、問題と討論に対応するための専門用語を作成して、製品アーキテクチャの選択に関連する特定のトレードオフを明確にした。

ウルリッヒは、製品アーキテクチャという概念フレームワークを提供することだけでなく、具体的なトレードオフを考察した上で、製品アーキテクチャがコンセプト開発とシステムエンジニアリング段階での意思決定に対して直接的に貢献することを明らかにした。これらの意志決定は、(1) 市場で提供される製品の変種の選択、(2) 製品はどのようにコンポーネントやサブ・システムに分解されるか、(3) 開発タスクは企業社内のチームやサプライヤーにどのように配分されるか、(4) 所望の製品の品種を達成するために、プロセスの柔軟性とモジュール化された製品アーキテクチャはどのような組み合わせに使用されるか、という4つの課題を提出した。

また、多くの残った実証研究に基づいてウルリッヒは3つの研究方向で議論している。第1に、製品アーキテクチャの選択に関連するトレードオフの大部分は、単一のモデルではなく、開発された製品としても、複雑すぎるので役に立たないということである。ここで問題となるのは、完全に分離、分析、モデル化することができるかということ、注目すべき点を指摘した。具体的に言えば、統合化されたマーケティング・サイエンスのモデルと生産コストのモデルを、2つの製品アーキテクチャのそれぞれについて生産に関する必要かつ最適な評価に使用することができる。それは、インテグラル型製品アーキテクチャとモジュラー型製品アーキテクチャである。とりわけ、インテグラル・アーキテクチャとモジュラー・アーキテクチャはそれぞれの独自のコスト構造を持ち、異なるレベルで最適な製品のバリエーションを引き起こす可能性がある。このようなモデルは、市場セグメント情報と生産コスト情報を通じる製品アーキテクチャに関する意思決定を、システム設計の座標系で調整することが可能になる。それと同様のモデルを構築すれば、コンポーネントの標準化、生産プロセスの柔軟性への投資、受注リードタイムなどの決定をサポートすることができるとウルリッヒは論述している (ウルリッヒ,1995)。第2に、各企業によって、製造した製品間の製品ア

アーキテクチャの違う要素を実証的に研究することに基づいて、多くの発見が得られることである。そこで、製品アーキテクチャの選択を支配する特定な要素を解明することに導く可能性がある。また、結果として、製品アーキテクチャ、組織構造、生産システムのさまざまな組み合わせに関連する複数の、同等かつ効果的な戦略の識別を導く可能性もあるという（ウルリッヒ,1995）。最後に、企業の組織と製品アーキテクチャの相互関連性を明示し、次のような研究課題を提出している。それは、有力なコンポーネントサプライヤ業界の存在は、企業を特定な方法で組織化し、特定のアーキテクチャを採用することができるのか。また、垂直統合された企業に対する外部供給業者と協力している企業は、モジュール型設計を多かれ少なかれ採用すべきなのか。そして、企業規模、地理位置という2つの要素と製品のアーキテクチャに関係があるのか。さらに、企業は組織構造を変えずに製品アーキテクチャを変更することができるのか、である。このような4つの問題意識を持ちつつ、ウルリッヒが述べているように、以上の目的の達成として意図された結果から見ると、どのような組織構造で製品アーキテクチャの柔軟性が最大化されるのかという仮説を検証すべきだと考えている。

1980年代には、経営学研究者は製品設計と製造の関係に着目し、多くの研究業績も存在している。ウルリッヒの研究によれば、多くの場合では生産コストの改善につながり、組み立てが簡単になり、個々の部品のコストが削減される。こうして、製品設計の重要性は多くの経営学研究者学者たちに認識されるようになった。

その後、ウルリッヒは（2003）では⁴、コンポーネントの共有の概念、すなわち複数の製品間でコンポーネントの同じバージョンを使い、多くの組み立てられた製品メーカーを採用し、少ない製品のタイプと低いコストとともに、優れた高い品質の最終製品を実現するアプローチで仮説を提出し実証した。

ウルリッヒとエッピング（2011）は⁵、統合的な方法によって、さまざまな学問的な視点を持つ研究者の問題解決と意思決定の視点から、クロスファンクショナルチームの製品設計と開発を分析した。そのうえ、顧客ニーズの認識、製造業の設計、プロトタイプング、インダストリアルデザインおよび製品設計と開発などの現代的な設計および問題を処理することにより、企業のマーケティング、設計、また製造機能を一体化させて、一連の製品開発技術を明確にしかつ詳細に紹介されている。

つまり、ウルリッヒの研究は、最初から製品アーキテクチャの一貫した定義を作出だし、論理的な議論と具体的なケーススタディによって、製品アーキテクチャと製造業の関連性と両者の直面している重要な問題を明らかにした。

ところが、これまでインテグラル・アーキテクチャの研究が中心で、モジュラー・アーキテクチャに関する研究は十分とは言えない。特に、製品モジュール・アーキテクチャの強さ、インテグラルとモジュラーの関連性および移行の可能性についての論考が今後重要になるだろう。

2.2 ボールドウィンとクラークのアーキテクチャ研究

ボールドウィンとクラークは、ウルリッヒのアーキテクチャに関する先行研究レビューに基づいて学問的なアーキテクチャ研究に貢献した。とりわけ、組み合わせるデザインの知識やモジュール化の「可視性」についての論述を行い、それらの分析と考察によって、モジュラー・アーキテクチャの特徴と力を明らかにした。例えば、設計とタスク構造のマトリックス（DMSあるいはTSM）というツールを使い、設計とタスク構造を説明することを指摘している⁶。このツールを用いて一般的な設計とタスク構造の概念を明確にした上、ある構造がどのように別の構造へと移転するかを説明している。具体的に言えば、新たなモジュラー・アーキテクチャは独自の進化経路を持ち、それによって、中核の内部構造が決められる。例として、情報分野におけるファイルとユーザーのマネジメントサブシステムのような極端の場合では、このモジュラー・アーキテクチャを相互依存性の高い方法で設計されている、ということを示した。また、ボールドウィンとクラークは、パソコンに関する詳しい研究が多く、しかも、アーキテクチャの研究視点から、パソコンはモジュラー型製品の最も代表的な製品である。とりわけ、“FORTRAN”というコンピューターにおいて広く使われた世界最初の高級言語に対して、“FORTRAN”構造はオペレーティングシステム、コンパイラ、エディタなどの優れたシステムプログラムによって作成されることは困難なこととなる。移植テンプレートを分割されておらず、モジュール化されていない場合で、翻訳機能は別のトランスレータモジュール・アーキテクチャではなく、設計自体と相互に依存しているからである。

また、ボールドウィンとクラークは、モジュラー・アーキテクチャクラスターの出現、特性、類型、モジュラーの力および独立している隠れたモジュール・アーキテクチャのブロックなどについても研究し、詳しく分析している。

その上で、ボールドウィンとクラークは2002年に出版された論文*The Option Value of Modularity in Design*の中でいくつかの新たな論点と研究課題を提出した。例えば、アーティファクトのデザインにモジュール化されると同時に、設計要素も分割されていることであることを明確にした。その中から、面白い観点の1つとして、いくつかのモジュールに隠され、これらのモジュラー・アーキテクチャは、別のモジュールからの影響を受けない。それと同時に、いくつかのモジュールは「可視」となっており、モジュラー・アーキテクチャの共同作業によるデザイナーは、隠されたモジュール製品のデザイン・ルールに従わなければならない、などと指摘した。

とりわけ、特定のモジュールの「ネットオプション値」について、ボールドウィンとクラークは、主な要因が3つあると指摘した。それは、潜在的な技術力、独立的な設計実験のコスト、モジュール化の「可視性」への質問ということである。そして、モジュール化と設計

の進化に対する技術研究理論を構築し、産業発展における経済理論に貢献した。ボールドウィンとクラークはデザイン・ルールについて次の4つの研究課題を提出した。すなわち、(1) モジュラリティの定義と達成する方法。(2) ローカライゼーションによるモジュール・アーキテクチャの進化の可能性。(3) モジュラー・アーキテクチャにおける経済的なインセンティブは多くの重要な分野で役割を果たし最終的に自治体経営の「モジュラークラスタ」の出現を導く。(4) モジュラー・アーキテクチャの中から経済的な葛藤をどのように作り出し、クラスターでの資金、雇用、知的財産を規制するために新たなマネジメント機関が必要になる可能性、である。

モジュラリティに関する研究を動機づけられる良い方法は、モジュール化の効果を示すことと指摘される。ボールドウィンとクラークの研究視点はパソコン産業に置かれ、そこからモジュラー化のパワーを論述している。ボールドウィンとクラークの多くの研究視点はパソコン産業に置き、そこからモジュラーのパワーを論述している。特に、IBMなどの企業のモジュラー・アーキテクチャに関する研究は、経済学に結びつくオプション値に力を入れて詳しく説明している⁷。とくに、モジュラリティはオプションを作成すること、オプションを追求して行使されるとともにモジュールデザインの進化のことについて、アーキテクチャの工学、あるいはエンジニアリングの観点からみたアーキテクチャと文系に結びつくアーキテクチャの理論体系を構築して、新たな論点を提出している。アーキテクチャ研究、特にモジュラーに関する研究を経営学領域に発展させつつあると理解されている。

ボールドウィンとクラークはアーキテクチャと組織能力の関連性、組織能力の転換に関する研究を行なっているものの、転換モデルはまだ考察していない。したがって、アーキテクチャと組織能力の相性が残された課題である。

3. 日本のアーキテクチャ研究

3.1 藤本隆宏のアーキテクチャ研究

藤本隆宏は、日本におけるアーキテクチャ研究の代表者の1人である。ものづくり論を研究の中心としている日本の経営学研究者として、藤本は、日本の自動車産業における能力蓄積のプロセスと過剰適応について考察し、能力蓄積の段階における5つのモデルを提出した。第一のモデルは、製品進化の比較的初期の階段では、消費者は商品知識が低い。一方で、企業側は固有技術能力の蓄積によって個別機能・部品技術の充実を図る傾向があるというものである。第二のモデルは、部品技術競争の結果による企業間の差は小さくなる。部品技術の優位性に頼って、製品差別化戦略は限界に直面する。また、企業はシステムの「まとめ技術」の能力蓄積によってプロダクト・インテグリティを通じた製品差別化を追求する(クラークと藤本, 1990)。そして、副産物としての設計肥大化・コストアップの問題に直面する。最後に、企業は従来の技術・機能、インテグリティの水準は維持しながら、設計簡素化によ

るコストダウンを試みるのである。藤本は日本自動車のケースにこのモデルを応用して、能力の過剰蓄積のメカニズムに関する1つの仮説モデルを示した。

これについて、藤本は以前にクラークと一緒に完成した著書*Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry* (1991)において、プロセスの転換は製品開発のプロセスへの強力な影響力を持つことと示唆している。例えば、実践から見た設計と生産をテストするために使用される作業プロトタイプを作成することである。ここで、製造業のルールも提出されている。それは、製品開発の管理と製造管理は、概念と実践の両方から常に分離されていることである。ところが、製造における優れた能力は、開発プロセスに大きな影響を及ぼす可能性がある。優れた製造組織が開発プロセスに直接に適用されることで、多くの特徴的な原則を発見した。したがって、企業は、ジャスト・イン・タイム方式、つまり完全な品質管理および持続的な改善方式を導入する際に、製造組織の経験から学ぶことがうまくいくと指摘する。例として、ジャスト・イン・タイム方式の場合では、製造企業の在庫の減少、現在処理中の仕掛品への対応、また、注目点が製品の製造プロセスへ移行することにつながった。これらによって、製品の生産性、スループット、信頼性および全体的なパフォーマンスを大幅に向上する可能性を明らかにした(藤本, 2009)。藤本は、世界の自動車業界、とくに日本の自動車産業を通じ、製品開発における優れたパフォーマンスの源泉について詳しく分析し、この研究課題と分析結果によって各企業や各産業界に適用する方法を示している。

次に、藤本は「アーキテクチャ」という概念や「アーキテクチャ」に関する認識について、研究の体系化を試みている。『ビジネス・アーキテクチャ』でアーキテクチャ・ベースの必要性、アーキテクチャの「擦り合せ」(インテグラ)と「組み合わせ」(モジュール)という分類、日本企業とアメリカ企業の得意分野、アーキテクチャの両面戦略、アーキテクチャ軸と競争軸の産業ビジョンおよびアーキテクチャを取り込む経営戦略・産業政策の必要性について詳述し、これまであいまいであったところをこの論文で明らかにした。

また、藤本(2004)では⁸、哲学の視点からアーキテクチャと組織能力の相性、アーキテクチャに基づく戦略論、ものづくりの組織能力、裏の競争力と表の競争力、アーキテクチャの比較優位論など、幅広い分野と研究視点から日本のものづくり論の精緻化を図った。その中で、中国におけるものづくりの多様性、中国におけるものづくり現場など地域アーキテクチャを既存のものづくり論によって、論理的かつ実践的なものづくり論を構築している。

さらに、藤本(2005)では⁹、「アーキテクチャの産業論・戦略論」の視点から実証的な分析を行っている。とくに、アーキテクチャ論の由来や、近年日本を中心に、企業や産業の競争力や収益性に影響を与える要因の1つとして、製品・工程アーキテクチャが注目されると指摘する。戦略論と産業論、言い換えれば、マクロ経営学やセミマクロ経済学といったより広範な領域に应用分野を拡大してきたのである(藤本, 2005)。とりわけ、デジタル・

ネットワークの時代におけるモジュラー・アーキテクチャ戦略の有効性を主張する多くの研究を生み出している（藤本，2005）。戦後日本企業はモジュラー型製品アーキテクチャに弱い現状がよく見られるが、「すり合わせ型アーキテクチャ」の製品、すなわち、インテグラル型製品で、トヨタのような代表的な日本企業は競争優位を保ってきているという。藤本は、「アーキテクチャの比較優位」に関する議論を出発点として、多くの論文と研究成果を発表しているが、それぞれに論理的精緻さとその一貫性が見出される¹⁰。

とりわけ、藤本は「疑似オープン・アーキテクチャ」化のパターンを初めて詳しく述べた。具体的に言えば、「疑似オープン・アーキテクチャ」と「オープン・モジュラー型アーキテクチャ」の3つの区別を明確に指摘された。それは、事前構想の有無の違い、部品間の「持続可能性」のレベルの異なり、「寄せ集め」の異なる対象という特徴であると論述されている（藤本，2005）。「真性オープン・アーキテクチャ」と「疑似オープン・アーキテクチャ」の設計思想のあり方という観点から、前者と後者は、「経営スピード重視」という組織能力と相性が良い意味では、本質的な違いはないと論述している（藤本，2005）。

そのうえで、『日本の企業システム』¹¹において、日本企業の得意分野、その中でも、「トヨタ的」生産システムは、日本型生産システムの代表であると指摘する（藤本，2006）。トヨタ型は典型的な「擦り合せ」（インテグラル）型製品アーキテクチャであり、これに対応する組織能力は統合能力と明示する。また、組織能力と競争パフォーマンス、とくに裏の競争力を詳しく説明している。藤本は、組織ルーチン（JIT、TQC、多能工化、少人化など）をものづくりの組織能力と呼ぶ。特に、裏の競争力としては、生産性、生産リードタイム、適合品質、開発リードタイムなどを示している。また、設計情報の分析に基づく深層の競争力は、情報転写の効率・精度であると指摘する（藤本，2006，p.65）。

一方、藤本が提起した命題であるものづくりに基づき、「製品アーキテクチャ」という概念枠組みをめぐって、今、日本企業のいくつかの問題点を組織能力の面から検討し、仮説と実証分析を試みる研究もされている。「製品アーキテクチャ」の基本概念は、藤本・武石・青島（2001）、藤本（2004）で既に大枠が解説されている。またアーキテクチャ測定の基本的な考え方は、藤本（2002）で提示されている。だが、歴史的な次元から見ると、日本企業は擦り合せ型製品アーキテクチャと戦後に構築してきた統合能力との相性がよいことに反して、選択能力はそんなに高くない。すなわち組み合わせ能力が弱い。モジュラー型アーキテクチャでは、部品間の調整はあまり必要ないので、組み合わせるべき最適な部品の選択と調達の重要性（藤本，2004）がよくわかるが、モジュラー型製品アーキテクチャのものづくりにおいて、日本企業のいくつかの弱点がよく認識されうる。例えば、延岡健太郎（2006）はコストの問題、グローバルな仕組みづくり、プラットフォーム・リーダーの問題などを指摘している。しかし、それに対しての解決方法は、特に製品アーキテクチャと組織能力の相性（藤本，2004）の面から、現在までのところ、具体的な方法はまだ研究されていない部分が

ある。

次に、日本企業の国際競争力の源泉としての統合能力は、製品レベルでオペレーション統合能力は前より低下してきたと指摘された（藤本，2003）。これまで先行研究レビューでは、日本企業の強みは特に製品レベルでの統合能力の高さにあるということが論じられてきた。しかし、以前は製品レベルで、多く企業はオペレーション統合能力という競争力を持っているが、現在ではその能力を十分に発揮できない状況に直面しなければならなくなっている（藤本，2003）。そこで、日本企業は、本来モジュラー型で弱い選択能力と現在製品アーキテクチャのレベルでのオペレーション統合能力の低下の現状を深く考えなければならない。日本企業の選択能力の高めとオペレーション統合能力の改善に関する実証研究が不十分である。

また、モジュラー型製品アーキテクチャが中心で、不確実性が高い環境に直面している日本企業はどのように対応すべきなのか。日本企業は統合能力から選択能力への転換の可能性と必要性があるか。以上の点についての考察は藤本・延岡（2003）でなされている。日本企業の戦略的な選択能力を高めることとオペレーション統合能力を最大の武器にしていく（藤本，2003）ことである。短期的な市場の動向ではなく、将来的にオペレーション統合能力を発揮できる事業の選択（藤本，2003）になるのである。

3.2 新宅純二郎のアーキテクチャ研究

新宅（1994）は¹²、日本企業の競争戦略について、各分野における技術転換の事例を分析した。例えば、最初に第2次世界大戦後に成熟産業としてのエレクトロニクスと機械技術の融合から見た銀塩フィルムを使って動画を記録する家庭用の8ミリ・ムービー・カメラは、ビデオ・カメラによって代われ、静止画像の記録でも従来のカメラから電子スチール・カメラへの転換が進むこと、その技術転換をめぐる企業間の競争が長期にわたる産業発展の原動力となってきたと新宅は言う（新宅，1994）。

また、新宅（2006b）は、アーキテクチャの視点から見た製造業ネットワークの分業と協業を考察する。マクロ的な統計分析や国際貿易論といった研究視点から、地域性に結びつく日本製造業の比較優位構造を明示した上、アジアにおける製造業は急速に進む競争環境の中で、日本企業のポジションングを探究した。さらに、製品アーキテクチャは後発国のキャッチアップについての影響を議論した。例えば、中国の携帯電話産業、オートバイ産業における外資系メーカーのデザインを標準プラットフォームとして中国系メーカーの製品を設計することといった「擬似オープン・アーキテクチャ」を説明した（新宅，2009）。

そして、DVDの分野におけるドライブというモジュラー型製品の低いシェアの中で、光ブックアップというインテグラル・アーキテクチャ部品構造はある程度のシェアを維持することから、アーキテクチャの階層構造の概念を導き出し、DVDレコーダーの階層別と部品

別のアーキテクチャ構造を分析した。そのうえ、液晶テレビ、半導体、鉄鋼、HDD、オートバイ産業などの分野においてアーキテクチャの考察を行う。例えば、液晶産業での垂直的バリュー・チェーン変化、HDD産業での国際分業体制の構築など。

つまり、新宅のアーキテクチャ研究は、アジア地域に着目し、地域範囲内のさまざまな分野における垂直統合と国際分業、特に擦り合わせの日本企業と擬似オープン・アーキテクチャといった中国製造業などをよく説明している。

3.3 青島・武石のアーキテクチャ研究

青島、武石（2001）は、ビジネス・アーキテクチャといった視点から外部の活動要素間の相互依存関係のパターンと企業内部と企業間の組織アーキテクチャの関係を分析し、技術と市場から組織の分割と統合およびその中から生み出せる付加価値をビジネス・モデルとして構築している。

また、モジュラー化について、インターフェースの集約化・階層化およびインターフェースのルール化・固定化といった認識を詳しく論述した上で、インターフェースの集約化とルール化の2つの独立した次元を捉えた。そして、モジュラー化と統合化によるそれぞれの6つのメリットと2つのデメリットを説明した（青島・武石，2001）。例えば、メリットとしては、コストを大幅に減少すること、各モジュールの独立性の確保、モジュール・レベルでの再利用、イノベーションの促進、システムの空間的・時間的な拡大などである。一方で、デメリットとして、モジュール構造の一貫性は悪い部分をインターフェースのルール化に入れる可能性がある。また、モジュラー化されたシステムにおける各構成要素は原理的に冗長化を持つことを指摘された（青島・武石，2001）。

さらに、アーキテクチャのダイナミクスを理論的に説明した。その中で、モジュラー化と統合化の動きが製品システムのパフォーマンスとの関係を図式化して、複雑性処理のバランス自動車産業、半導体、パソコンの分野に結びつく議論した。それから、アーキテクチャのオープン化とクローズド化について、どのような産業、あるいはどのような製品、システムにおいてどのようなレベルに対してオープン化を使うべきだろうかという質問を踏まえて、事例分析を通じて詳しく論述した。また、戦略としてのオープン化とモジュラー化との関係、オープン化戦略のメリットとデメリットを企業戦略の立場から考察した。

最後に、製品アーキテクチャと組織アーキテクチャの関係では、組織の動的な適合（青島・武石，2001）、システムの多重性とアーキテクチャ間の不適合による既存大手企業は技術変化への対応が難しい場合、中小企業によっては大きな機会となることを指摘している（青島・武石，2001）。

3.4 その他のアーキテクチャ研究

1990年に製品アーキテクチャという新たな概念をアメリカ学者がはじめて提出してから、2000年まで、日本においては藤本を主とする研究者が徐々に出現してきた。特に、東京大学ものづくりセンターの設立によって、日本でいくつかの優秀な若手研究者が集まり、各産業各分野を含むアーキテクチャについての研究、討論、調査、分析が進んできた。特に、2010年以降、日本におけるアーキテクチャの研究者がさらに増えた。多くの研究者がアーキテクチャ研究論述と分析を発表したからである。その時期の代表的な日本のアーキテクチャ研究者は、福澤光啓、中川功一、児玉文雄などである。

まず、福澤光啓は、『製品アーキテクチャの組織内選択プロセス—デジタル複合機』の中で、製品機能を織り込むことと、機能間での調整、統合の方法、製品機能を実現する手段などを詳しく説明している。特に、企業レベルの研究視点から製品アーキテクチャを変える際に生じる組織的な問題について、事例分析を通じて明らかにしている（福澤，2008）¹³。また、『デジタル化した製品におけるアーキテクチャ選択に関する分析視点』（福澤，2012）の中で、近年にデジタルの進展に伴って製品開発を行う際に企業が直面する問題をまとめて、製品アーキテクチャの変化に関する議論、製品機能の変化による製品アーキテクチャの変化、製品アーキテクチャと組織との適合に関する議論を展開されている。

とりわけ、「組織が主体的に製品アーキテクチャを決めていく」という研究視点から、製品アーキテクチャの変化により当該組織が「どのような意図に基づいてそのような変化を引き起こしたのか」ということと、「そのような変化を起こすのに適した組織のあり方とはどのようなものなのか」といったことについて考察した（福澤，2012）。さらに、デジタル化が進展した時代の製品アーキテクチャにおける「技術の多様性と機能の多様性の増大により生じる問題」と「技術の多様性と機能の多様性の増大下におけるアーキテクチャ選択の対象」（福澤，2012）といった議論を考察している。

つまり、先行研究¹⁴に基づいて、モジュール化のパワーおよびアーキテクチャ決定のパワーを握っている主体、また、それを握る主体の違いによって、アーキテクチャが実現されるかが異なるということを明らかにすることが可能だと論述している（福澤，2012）。

中川（2007）では¹⁵、アーキテクチャの変化が既存企業の不適合をもたらす原因を指摘しており、半導体フォトリソグラフィ・アライメント装置という事例を通じて理念型的なアーキテクチャル・イノベーションが存在する可能性はほとんどないという結論を出している¹⁶（図1参照）。

不変	インクリメンタル・イノベーション	モジュール・イノベーション	（相互依存性の変化）	構成要素間の構成の変化
変化	アーキテクチャラル・イノベーション	ラディカル・イノベーション		
	強化	全く別のものに取替え		
	コアのコンセプトの知識変化			
	（パフォーマンスとしての機能特性の変化）			

図 1. アーキテクチャラル・イノベーション

（出所：Henderson and Clark（1990）p.12 より筆者整理）

また、組織のもつ「知識」の適合関係という視点から光ディスク記録メディア産業の事例分析を使い、ビジネス・アーキテクチャの変化が企業間分業構造の変化を引き起こしていることを分析した上で、企業間分業構造の変化の説明を試みた（中川，2006）¹⁷。その中で、特に重要な問題となる「モジュラリティの罨」について分析を深めたものであると指摘した（中川，2006）。そこで、「同産業ではもともとインテグラル・アーキテクチャのもとで垂直統合型企業によって事業活動が行われていたが、1990年代後半にはモジュラー化が進み、これに対応した活動特化企業が業績を伸ばしたが、続く2000年頃からはインテグラル化が進行する」（中川，2006）という史の事実論述と分析を行い、本論文と逆のアーキテクチャ・シフトと述べ、既存の企業間分業構造のもとで、垂直的な連携モデルを構築し、インテグラル化に対応したことだけではなく、「知識」が本質的な問題の角度を基盤とする「ビジネス・アーキテクチャの変化に応じて事業範囲は柔軟に変更する必要があるが、事業を絞り込んだとしても安易に知識としては放棄するべきではないこと」（中川，2006）を主張し、「特化企業の垂直的連携でインテグラル化に対応する」（中川，2006）ことを明示化している。

そして、中川は「製品分野は変わらないにもかかわらず、その設計構造が劇的に変わるとき、既存企業に変化の波を乗り越えるすべはあるのだろうか？」（中川，2011）という問題意識を持ち、光ディスク産業の分析の経験から、製造企業に求められる対応の本質を抽出しようとしている¹⁸。そして、中川（2008）によると¹⁹、組織の不適合を招き、企業の競争力を著しく低下させる恐れがある（中川，2008）という既存研究の視点から、この変化に応じて、企業は事業組織全体を改編すべきこと（中川，2008）に対して、記録型DVDドライブのイノベーションの事例を通じて「事業組織の全てを変更せずとも、コンポーネントの技術的相互関係が直接に影響する組織だけを変更することによっても対応できる」（中川，2008）こ

とを提示している。

しかしながら、中川はシステム・アーキテクチャに関する実証分析を行っていない。モジュラー・アーキテクチャの強みの持続的な競争力についての先行研究レビュー、理論的な論述は不十分と言わざるを得ない。

4. アーキテクチャ論研究系譜－1つの整理

今までのアーキテクチャ論の理論的な位置づけとその問題（残された課題）は表1を整理した。

表1. 年代別に見たアーキテクチャ論の主要論者の主な知見と残された課題

年代	アーキテクチャ研究者	代表著書	主な内容	考えられる課題
1990年代以前	サイモン (1969)	<i>The role of product architecture in the manufacturing firm</i>	準分解可能性	モジュラー・アーキテクチャに関する研究の不十分
1990年代	ヘンダーソン&クラーク (1990)	<i>Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms</i>	半導体産業におけるフォトリソグラフィアライメント装置の進化に関するアーキテクチャル・イノベーションという分析枠組の提出	アーキテクチャの変更と進化に伴い、新しいコンポーネントに対する有効かつ迅速的な組織学習と対応のやり方
	ボールドウィンとクラーク	<i>Design Rules: The Power of Modularity (The MIT Press)</i>	モジュール化の「可視性」； モジュラリティのオプション； モジュラークラスタ	アーキテクチャと組織能力の相性、組織能力の転換の不十分
	カール・ウルリッヒ (1995)	<i>The role of product architecture in the manufacturing firm</i>	アーキテクチャ定義の提出	モジュラー・アーキテクチャに関する研究が不十分
	藤本隆宏	<i>Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry (1991)</i>	日本ものづくりの提出者；日本の自動車産業のアーキテクチャ研究、アーキテクチャの体系化、アーキテクチャと組織能力の相性など	日本企業組織の2つ能力の間の転換の可能性に対しての体系的な測定に基づく実証分析を行ない、精緻化、体系化の理論に関する検討が不十分

	新宅純二郎	『競争戦略のダイナミズム』	製品アーキテクチャの階層構造、中国のアーキテクチャ分析	インテグラルに関する研究が不十分
	青島・武石	『ビジネス・アーキテクチャ』	アーキテクチャに関する実証分析	システム・アーキテクチャに関する実証分析が不十分
2000年代	佐伯靖雄 (2008)	「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」	イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の定義；企業経営という戦略課題における製品アーキテクチャ論；製品アーキテクチャ論の4つの課題の提出 ²⁰ など；ソフトウェアを単なる付属物として評価するだけでは不十分の指摘	現在は多く注目された研究領域であるIT産業、特にハードウェアとソフトウェアに関するアーキテクチャに関する分析が不十分；現代の組み込みシステムを中心とした制御機構を改めて分析枠組みの未提出
	福澤、中川、善本哲夫、児玉など	『ダイナミック・ケイパビリティ：持続的競争優位の源泉の探求』 『技術革新のマネジメント』 『ビジネスモデルのイノベーション』 『マネジメントアーキテクチャ戦略』など	アーキテクチャに関する既存研究の整理、いくつかの産業における新たな論点と発見など	新時代（IoT、AI）における新しい産業と企業、特にソフトウェアに関する新しいアーキテクチャ分析の枠組と実証研究の不十分

(出所：筆者作成)

表1のように、製品アーキテクチャ論における最初の1990年代以前から2000年以後まで、それぞれの研究者は国別、地域別および産業別による各研究視点を提出した。また、今までの製品アーキテクチャ研究では、比較的新しい研究領域である該当理論についての系譜を理論と実証といった両方から網羅的に検討し、研究現状の整理と考えられる課題を抽出した。しかしながら、その中で、製品アーキテクチャ論研究の体系化は、国別・産業別による分析枠組みは十分とは言えない。言い換えれば、国別と産業別間の相性に関する研究の不十分は散見される。たとえば、今までの研究者たちは、製品アーキテクチャの研究視点から日本における産業分析と欧米におけるモジュラー化に関する諸研究を行ったが、中国を代表とするアジア諸国における新しい研究領域である製品アーキテクチャ論においては、分析枠組の見直しとそれなりの適用性、特に中国で複合要素技術型製品におけるハードウェアとソフト

ウェアに関連する進化的かつ理論的な分析枠組は見い出せない。引き続き今後の研究課題としたい。

-
- 1 標準化の場合、事実上の標準であるデファクト標準、標準化団体が取り決めるデジュール標準、両者の中間として業界主導型のコンソーシアム型標準などがある。標準化の議論については、例えば浅羽（1995）、新宅・許斐・柴田編（2000）が詳しい。
 - 2 カール・ウルリッヒはペンシルバニア大学ウォートン・スクールで企業家精神とイノベーション研究科の専攻長である。彼は機械工学の教授として、イノベーション、起業家精神、製品開発などの分野に研究している。
 - 3 *The role of product architecture in the manufacturing firm* (Ulrich,K.T., 1995, pp. 419-440)。
 - 4 *Managing variety for assembled products: Modeling component systems sharing* (Ulrich,K.T., 2003, pp. 132-143)。
 - 5 *Product Design and Development* (Ulrich,K.T. and Eppinger, S.D., 2003, New York: McGraw-Hill)。
 - 6 アーキテクチャ研究における代表作Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity* (The MIT Press) による。
 - 7 日本のアーキテクチャ研究者の一人としての中田善啓は、2013年4月に『プラットフォーム時代のイノベーションークローズドからオープンビジネスモデルへの進化-』（同文館）の中で、IBMシステムのモジュラー化、モジュールのオプション値、日本のコンピュータ産業のモジュラー化、モジュラー・アーキテクチャへの進化要因、オープン化の優位性、ハイブリット型ビジネスモデルなどを詳しく論述していく。字数の制限で、本論文では先行研究レビューの部分で中田のアーキテクチャ・イノベーションについての先行研究レビューを具体的に説明しない。
 - 8 藤本隆宏（2004）『日本のものづくり哲学』日本経済新聞社。
 - 9 藤本隆宏・新宅純二郎（2005）『中国製造業のアーキテクチャ分析』東洋経済新報社。
 - 10 2005年に発表された論文「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」（MMRC Discussion Paper, No.24.）、2007年に出版された「アーキテクチャにもとづく比較優位と国際分業:ものづくりの観点からの多国籍企業論の再検討」『組織科学』の中で詳しく説明している。
 - 11 藤本（2006）『日本の企業システム』有斐閣, p.61.
 - 12 新宅純二郎・宇田川勝・橘川武郎（2000）『日本の企業間競争』有斐閣。
 - 13 本論文はデジタル複合機の分析手法を参照して、日本デジタルスチルカメラ産業での製品アーキテクチャの組織内選択プロセスをよく考察している。
 - 14 Power of Integrity (Clark and Fujimoto, 1991；藤本・延岡, 2006) や、Power of Modularity

(Baldwin and Clark, 2000; 藤本・新宅, 2005; 新宅・天野, 2009; 丸川・安本, 2010; 小川, 2009; 立本, 2007)。

- 15 中川 (2007) 「製品アーキテクチャ研究の嚆矢 (Henderson and Clark (1990))」『赤門マネジメント・レビュー』6 (11), pp.577-588.
- 16 佐伯靖雄 (2008) では、「アーキテクチャル・イノベーション (Architectural Innovation)」とは、「ある製品システムが持つ構成要素 (コンポーネント) の連結の方法が変わること。アーキテクチャル・イノベーション (architectural innovation) が有する強みとは、市場で支配的な立場にある企業に対し、挑戦者がアーキテクチャを変化させることで対抗しようということである。すなわち、支配的な企業が持つ構成部品に対する強力な開発能力に正面から挑むことなく、挑戦者が同等以上に競争していくことが可能であることを示唆している。
- 17 中川 (2006) 「アーキテクチャと企業間分業構造：モジュラリティの罫をどう越えるか」『国際ビジネス研究学会年報』(12) pp.93-107.
- 18 中川功一 (2011) 『技術革新のマネジメント－製品アーキテクチャによるアプローチ』有斐閣。
- 19 中川功一 (2008) 「製品アーキテクチャ変化の本質的影響：記録型DVDイノベーションの事例より」『組織科学』第41巻, 第4号, pp.69-78.
- 20 佐伯 (2008) により、製品アーキテクチャ論における4つの課題を提出した。具体的な内容は以下のように。第1に、欧米の一部の企業が得意とするプラットフォーム・ビジネスの応用可能性についての研究の深化である。第2に、製品アーキテクチャの定量的評価方法の確立である。第3に、製品アーキテクチャと産業構造についての更なる議論である。第4に、複合要素技術型製品をどのように評価すべきかという点である。

【参考文献】

日本語文献

単行本

- 青木昌彦・安藤晴彦 (2002) 『モジュール化－新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新聞社。
- 韓美京 (2002) 『製品アーキテクチャと製品開発』信山社。
- 具承桓 (2008) 『製品アーキテクチャのダイナミズム－モジュール化・知識統合・企業間連携』ミネルヴァ書房。
- 国領二郎 (1995) 『オープン・ネットワーク経営－企業戦略の新潮流－』日本経済新聞社。
- 国領二郎 (1999) 『オープン・アーキテクチャ戦略：ネットワーク時代の協働モデル』ダイヤモンド社。
- 桑原哲 (2011) 『製品アーキテクチャのモジュール化の進展のもとにおける日本、韓国、中国の東

- アジア地域における比較優位構造とその変化について』東洋エンジニアリン（株）。
- 新宅純二郎（1994）『日本企業の競争戦略－成熟産業の技術転換と企業行動－』有斐閣。
- 新宅純二郎・宇田川勝・橘川武郎（2000）『日本の企業間競争』有斐閣。
- 新宅純二郎・許斐義信・柴田高（2000）『デファクト・スタンダードの本質－技術覇権競争の新展開－』有斐閣。
- 新宅純二郎・浅羽茂（2001）『競争戦略のダイナミズム』日本経済新聞社。
- 新宅純二郎・田中辰雄・柳川範之（2003）『ゲーム産業の経済分析－コンテンツ産業発展の構造と戦略－』東洋経済新報社。
- 新宅純二郎・江藤学（2008）『コンセンサス標準戦略－事業活用のすべて－』日本経済新聞出版社。
- 新宅純二郎・天野倫文（2009）『ものづくりの国際経営戦略－アジアの産業地理学－』（東京大学ものづくり経営研究シリーズ）有斐閣。
- 柴田友厚・児玉文雄・玄場公規（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。
- 延岡健太郎（2006）『MOT（技術経営）入門』日本経済新聞社。
- 藤本隆宏・武石・青島矢一（2001）『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣。
- 藤本隆宏（2003）『能力構築競争』中公新書。
- 藤本隆宏（2004）『日本のものづくり哲学』日本経済新聞社。
- 藤本隆宏・新宅純二郎（2005）『中国製造業のアーキテクチャ分析』東洋経済新報社。
- 藤本隆宏（2007）『これからのものづくり改善の方向性』日本能率協会。
- 藤本隆宏・東京大学ものづくり経営研究センター編（2007）『ものづくり経営学－製造業を超える生産思想』光文社。
- 藤本隆宏・桑嶋健一編（2009）『日本型プロセス産業：ものづくり経営学による競争力分析』有斐閣。
- 藤本隆宏（2012）『ものづくりからの復活：円高・震災に現場は負けない』日本経済新聞出版社。
- 藤本隆宏（2013）『「人工物」複雑化の時代－設計立国日本の産業競争力』（東京大学ものづくり経営研究シリーズ）有斐閣。
- 藤本隆宏・新宅純二郎・青島矢一（2015）『日本のものづくりの底力』東洋経済新報社。
- 藤本隆宏・新宅純二郎（2015）『グローバル化と日本のものづくり』放送大学教育振興会。
- 藤本隆宏・新宅純二郎・中沢孝夫（2016）『ものづくりの反撃』筑摩書房。

雑誌（論文）

- 伊丹敬之・武石（2006）「アーキテクチャという考え方」『日本の企業システム第II期第3巻 戦略とイノベーション』有斐閣。
- 伊藤宗彦（2003a）「システム・アーキテクチャのダイナミクス－デジタルカメラのシステム・ア

- ーキテクチャの変遷」神戸大学経済経営研究所, Discussion Paper Series No.J49.
- 伊藤宗彦 (2003c) 「システム・アーキテクチャとイノベーション－カーナビにおけるソフトとハードの統合－」『一橋ビジネスレビュー』第50巻, 第4号。
- 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『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。
- 青島矢一 (1998) 「製品アーキテクチャと製品開発知識の伝承」『ビジネス・レビュー』第46巻, 第1号。
- 奥野正寛・渡邊泰典 (2006) 「人工物の複雑化と製品アーキテクチャ」MMRC Discussion Paper, No.81.
- 奥野正寛・渡邊泰典 (2007) 「人工物の複雑化と製品アーキテクチャ」『経済学論集』(東京大学), 第73巻, 第3号, pp.103-129.
- 魏晶玄 (2001) 「製品アーキテクチャの変化に対応する既存企業の組織マネジメント：組織内資源の移動と再結合による異質な資源の創造プロセス」『組織科学』第35巻, 第1号, pp.108-123.
- 佐伯靖雄 (2008) 「イノベーション研究における製品アーキテクチャ論の系譜と課題」『立命館経営学』第47巻, 第1号, pp.133-162.
- 新宅純二郎 (2005) 「アーキテクチャ分析に基づく日本企業の競争戦略」MMRC Discussion Paper, No.54.
- 新宅純二郎 (2007) 「アーキテクチャのポジショニング戦略」藤本隆宏・東京大学ものづくり経営研究センター編 (2007) 『ものづくり経営学－製造業を超える生産思想』光文社。
- 中川功一 (2006) 「アーキテクチャと企業間分業構造：モジュラリティの罫をどう越えるか」『国際ビジネス研究学会年報』(12) pp.93-107.
- 中川功一 (2007) 「製品アーキテクチャ研究の嚆矢－経営学輪講Henderson and Clark (1990)」『赤門マネジメント・レビュー』第6巻, 第11号, pp.577-588.
- 中川功一 (2007) 「事業範囲とコーディネーション範囲－製品アーキテクチャと組織の適合関係仮説の再検討－」『東京大学ものづくり研究センターディスカッションペーパー』MMRC-J-150.
- 中川功一 (2008) 「製品アーキテクチャ変化の本質的影響：記録型DVDイノベーションの事例より」『組織科学』第41巻, 第4号, pp.69-78.
- 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」東京大学大学院経済学研究科Discussion Paper Series, CIRJE-J-78.
- 藤本隆宏 (2003a) 「組織能力と製品アーキテクチャー下から見上げる戦略論」『組織科学』第36巻, 第4号, pp.11-22.
- 藤本隆宏 (2003b) 「『日本型プロセス産業』の可能性に関する試論－そのアーキテクチャと競争力」東京大学ものづくり経営研究センターDiscussion Paper Series, MMRC-J-1.
- 藤本隆宏 (2005a) 「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」MMRC Discussion Paper, No.24.

- 藤本隆宏・大鹿隆・貴志奈央子 (2005b) 「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」 東京大学ものづくり経営研究センターDiscussion Paper Series, MMRC-26.
- 藤本隆宏・大隈慎吾 (2006) 「設計プロセスとアーキテクチャの競争優位」 MMRC Discussion Paper, No.70.
- 藤本隆宏・大鹿隆 (2006) 「製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析」 MMRC Discussion Paper No.72, 第5巻, 第2号, pp.233-272.
- 藤本隆宏 (2007a) 「アーキテクチャにもとづく比較優位と国際分業－ものづくりの観点からの多国籍企業の再検討」 『組織科学』。
- 藤本隆宏 (2007b) 「設計立地の比較優位に関する試論－枠組・実証・シミュレーション」 RIETI Discussion Paper Series, 07-J-025.
- 藤本隆宏 (2007c) 「設計立地の比較優位－開かれたものづくりの観点から」 『一橋ビジネスレビュー』 第55巻, 第1号, pp.22-37.
- 藤本隆宏 (2007d) 「アーキテクチャにもとづく比較優位と国際分業－ものづくりの観点からの多国籍企業の再検討」 組織科学。
- 藤本隆宏 (2007e) 「統合型ものづくり戦略論」 藤本隆宏・東京大学21世紀COEものづくり経営研究センター 『ものづくり経営学 製造業を超える生産思想』 光文社。
- 藤本隆宏 (2008a) 「グローバル化と比較優位－アーキテクチャと組織能力の観点から」 『クオリティマネジメント』 Vol.59, No.5 p.10-17.
- 藤本隆宏 (2008b) 「複雑する人工物の設計・利用に関する補完的アプローチ」 『横幹』 第3巻, 第1号, pp.52-59.
- 藤本隆宏 (2010b) 「ものづくりと経営：『ものづくり経営』の本質」 『これからの経営学』 日本経済新聞出版社。
- 藤本隆宏 (2011) 「日本の現場能力と設計思想の比較優位」 日本経済学会連合創立60周年記念講演会。
- 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ォームウエアの開発事例」 『組織科学』 第41巻, 第3号, pp.55-67.

外国語文献

単行本

- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, MIT Press, MA. 安藤晴彦訳 (2004) 『デザイン・ルール：モジュール化パワー』 東洋経済新聞社。
- Clark, K.B. and T. Fujimoto (1991) *Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*, Boston, MA : Harvard Business School Press.
- 田村明比古訳 (1993) 『製品開発力』 ダイヤモンド。

- Simon, H.A. (1947,1976) *Administrative behavior. A study of decision-making processes in administrative organization*, New York: Free Press. 松田武彦・二村敏子『経営行動：経営組織における意思決定プロセスの研究』ダイヤモンド社。
- Simon, H.A. (1996) *The sciences of the artificial. Third ed.*, Cambridge, MA : MIT Press. 稲葉元吉・吉原英樹 (1990)『システムの科学』第3版, パーソナル・メディア。
- Ulrich,K.T., Eppinger, S.D. (2003) *Product design and development*, New York: McGraw-Hill.
- Urban, Glen L. and John Hauser (1980) *Design and Marketing of new Product*, New Jersey: Prentice-Hall.
- Utterback,J.M. (1994) *Mastering the dynamics of innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change*, Boston, Mass: Harvard Business School Press. 大津正和・小川進監訳 (1998)『イノベーションダイナミクス』有斐閣。

雑誌 (論文)

- Baldwin, C. Y. and Clark, K. B. (1997) “Managing in an age of modularity,” *Harvard Business Review*, Vol.75, No.5, pp. 84-93.
- Barnett, D. Brent (1991) “Product development in process industries,” *Harvard Business School Working Paper*, 02163.
- Barnett, D. Brent and Clark, K. B. (1998) “Problem solving in product development: a model for the advanced materials industries,” *International Journal of Technology Management* , Vol.15, No.8, pp.805-820.
- Clark, K. B. and T. Fujimot (1990) “The power of product integrity,” *Harvard Business Review*, Vol. 68, No.6, pp. 107-118.
- Clark, K. B. (1995) “The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution,” *Research policy*, Vol.14, Issue 5, pp.235-251.
- Henderson, Rebecca M., and Kim B. Clark (1990) “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms,” *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp. 9-30.
- Henderson, R. (1991) “Breaking the Chains of Embedded Knowledge: Architecture Innovation as a Source of Competitive Advantage,” *Design Management Journal*, Vol. 2, No. 3, pp. 43-47.
- Langlois, R. N. (1999) “Modularity in technology, organization, and society,” *Department of Economics Working Paper Series*.
- Sanchez, R. and Mahoney, J. T. (1996) “Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design,” *Strategic management journal*, Vol.17, Issue. S2, pp. 63-76.
- Schilling, M. A. (2000) “Toward a general modular systems theory and its application to

- interfirm product modularity,” *Academy of management review*, Vol.25, No.2, pp. 312-334.
- Schilling, M. A. and Steensma, H. K. (2001) “The use of modular organizational forms: An industry-level analysis,” *Academy of management journal*, Vol.44, No.6, pp.1149-1168.
- Simon, H.A. (1962) “The architecture of complexity,” *Facets of systems science*, Vol.106, No.6, pp.467-482.
- Ulrich,K.T. (1995) “The role of product architecture in the manufacturing firm,” *Research Policy*, 24: pp. 419-440.
- Ulrich,K.T. , Ramdas K. and Fisher M. (2003) “Managing Variety for Assembled Products: Modeling Component Systems Sharing,” *Manufacturing & Service Operations Management* pp. 132-143.

Discussion on product architecture theory

GUO, Yuanyu

Abstract

Until now, Japanese researchers were exploring the issue of how product architecture theory is making a contribution to strategic issues in current corporate management. Product architecture is not limited to the concept of the first manufacturing process, but has raised some arguments in the field of management, such as organization, industrial structure, and economics. However, there has been some confusion in the concepts and definitions of the previous discussions. In this paper, we will clarify and rearrange the basic research flow from the beginning to the product architecture theory and each research subject.