

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

No. 429

自動車部品における製品アーキテクチャと取引方式
—コンプレッサの事例—

長崎大学経済学部

佐藤 秀典

成蹊大学経済学部

福澤 光啓

東京大学経済学研究科

藤本 隆宏

2013年3月

 **MONOZUKURI** 東京大学ものづくり経営研究センター
MMRC Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

Product architecture and the transaction pattern of the
automobile component:

A case of the compressor

Hidenori SATO

Faculty of Economics, Nagasaki University

Mitsuhiro FUKUZAWA

Faculty of Economics, Seikei University

Takahiro FUJIMOTO

Graduate School of Economics, The University of Tokyo

Abstract: In this paper, we investigate the relationship between the product architecture and the transaction pattern through a case study of the cam plate used in the compressor of car air conditioner. As a result, it was shown that a desirable combination exists between the product architecture and transaction patterns from a viewpoint of the boundary of knowledge.

Keywords: product architecture, transaction pattern, automobile component, responsibility of quality assurance, technological characteristics and contract

自動車部品における製品アーキテクチャと取引方式

—コンプレッサの事例—

佐藤秀典

長崎大学経済学部

福澤光啓

成蹊大学経済学部

藤本隆宏

東京大学経済学研究科

要約：本稿では、カーエアコンディショナーの主要な構成部品である「コンプレッサ」および、コンプレッサの主要な構成部品である「斜板」のアーキテクチャ的特性を一社の事例研究から定性的に示し、アーキテクチャ特性と取引方式との関係を検討した。その結果、製品アーキテクチャと取引関係の間には、知識の境界の観点から望ましい組み合わせが存在することが示された。しかし、製品アーキテクチャは技術的な特性であるのに対し、取引関係および品質保証責任の所在は契約上の問題であるため、望ましい関係から逸脱してしまう可能性もあることが示唆された。

キーワード：製品アーキテクチャ、取引方式、自動車部品、品質保証責任、技術特性と契約関係

1. はじめに

複雑な機能を持つ製品の設計、製造は単一の企業のみで完結して行われるわけではない。多数の企業の協業によって行われ、数多くの取引関係から成り立っている。そのため、どのような取引方式をとるのかは企業間の関係を考えるうえで重要な要素となる。

これまでの研究では、取引方式の決定には製品アーキテクチャが影響していることが定量的に指摘されている。本稿では、それらの指摘を補完・補強するものとして1つの製品をケースとして取り上げ定性的に検討する。具体的には、カーエアコンディショナーの主要な構成部品である「コンプレッサ」、および、コンプレッサの主要な構成部品である「斜板」のアーキテクチャ的特性を示し、アーキテクチャ特性と取引方式の間に、ある種の相関関係が存在することを示す。そのうえで、取引における品質保証の問題に関しても検討する。

2. 製品アーキテクチャと取引関係に関する先行研究

2.1 製品アーキテクチャとその類型

製品の設計とは、その製品が発揮する機能と、それを支える構造、それを生み出す工程を、事前に構想することである。こうした設計論との関連で、「アーキテクチャ」とは、設計情報の抽象的・形式的側面のことを指す(藤本、2001)。つまり、製品の機能および構造やインタフェースのデザインに関する基本的な設計思想であると考えることが出来る。¹

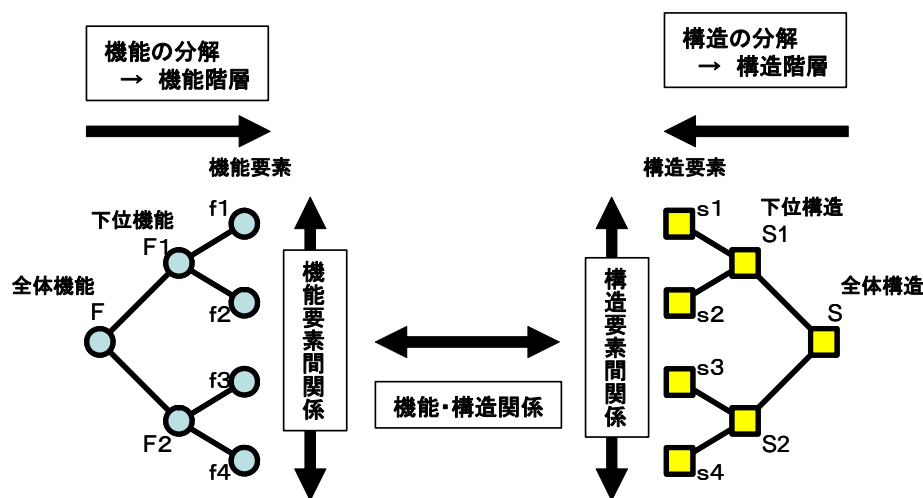
このように製品の「機能」がどのような「構造」によって実現されているのかということについては、製品アーキテクチャに関する議論が行われてきた(青島・武石、2001; Baldwin and Clark、2000; 藤本、2001; 藤本・桑嶋、2009; Henderson and Clark, 1990; Ulrich, 1995)。Simon(1996)では、複雑なシステムを効率的に設計するためには、当該システムを多数の機能的部分に対応した半独立の構成要素に分解するための適当な方法を見出すことが必要であり、このようなシステムは準分解可能 (nearly decomposable) なシステムと呼ばれている。Ulrich(1995)では、製品アーキテクチャとは、①一連の機能要素と、②それらの機能要素と物理的コンポーネントとの対応関係、③相互関係にある物理的コンポーネント間のインタフェースの特徴によって定義されるとしている。あるシステムの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と定義される(青島・武石、2001)。藤本(2001)では、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フェースをいかに設計・調整するかに関する基本的な設計構想のことであると述べられている。

前述のように「アーキテクチャ」とは、機能設計、構造設計、工程設計において構想され

¹ 製品の設計とは、機能の設計と構造の設計の両方を行う活動のことである。これら二つの活動の成果として設計情報の抽象的な表現がアーキテクチャであるとも言える。なお、製品の設計に関して、スペックや仕様という表現が用いられることがあるが、それらは多義的な文言である。したがって、本稿ではあくまでも、設計されているものが何であるのか、という視点から、機能(または構造)の設計という表現を用いることとする。

る一群の機能要素群、構造要素群、工程要素設計の間の連結パターンに関する基本構想のことを指す。それは、機能を実現する固有技術の内容は捨象して、連結の形式にのみ着目する概念であり、固有技術の内容を離れて製品・工程・産業を論じることができる、汎用的な分析概念である。人工物の機能と構造は、ともに階層構造で示すことができる。視覚的に示すならば図1のようであり、アーキテクチャは2つの階層の間の連結パターンで示される(藤本, 1986; Goepfert and Steinbrecher, 1999; Takeishi and Fujimoto, 2001)。

図1 人工物のアーキテクチャ (複合階層図による表現)



出所) 藤本(2009)第2図より引用

図1が示唆するように、人工物のアーキテクチャは、①機能分解、②構造分解、③機能・機能関係、④構造・構造関係、⑤機能・構造関係という5つの側面を持つ²。アーキテクチャを把握する視点としては、①モジュール化/統合化という視点と、②オープン化/クローズ化という視点の二つがある(青島・武石、2001)。

まず、モジュール化とは、システムを構成す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り、一方、統合化とは、要素間の複雑な相互関係を積極的に許容して、相互関係を自由に解放して継続的な相互調整にゆだねる戦略である(青島・武石、2001)。

また、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」のことをいう。逆に、クローズ化とは、「情報の社会的な共有・受容が制限される動き」のことをいう。オープン型アーキテクチャは、基本的にモジュラー型であり、インターフェースが企業を超えて業界レベルで標準化されているため、企業

² このような複合階層図は、工学系の設計学、とりわけ公理系設計(Suh, 1990, 2001)の流れを汲む設計論において多用される。例えば、中尾(2003)、中尾・畑村・服部(1999)などが「思考展開図」と呼ぶチャートは、複合階層図そのものである。

を超えた寄せ集め設計が可能となる。この場合、たとえば PC や携帯電話機などに見られるように、産業内でのインタフェースの標準化とオープン化が同時進行することにより、競争環境が大きく変化し、企業の競争力に大きな影響を与えるということが示されてきている（小川、2009）。一方、クローズ型アーキテクチャは、インタフェースの設計ルールが1社内で閉じており、製品を開発する際に、固有で特殊な仕様の部品が必要である。部品の標準化度が低く、その部品を入手するためには特別に発注を行わなければならないため、幅広い調達先を利用することが難しい。これらをまとめると、図2で示されるような3つの基本タイプに分けることができる。以下では、各アーキテクチャの類型についてもう少し概説する。

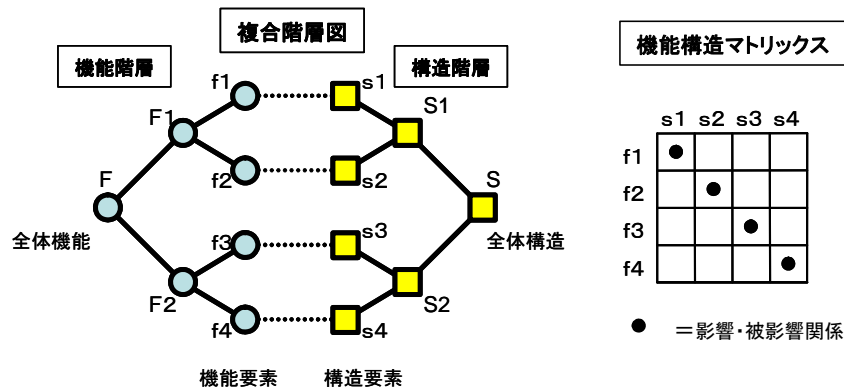
図2 製品アーキテクチャの基本タイプ

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド (囲い込み)	クローズド・インテグラル 乗用車、オートバイ、ゲームソフト、軽薄短小家電、他	クローズド・モジュラー メインフレーム、工作機械、レゴ
オープン (業界標準)	/	オープン・モジュラー パソコン、同ソフト、インターネット、新金融商品、自転車

出所) 藤本 (2004) 図 11 より作成

まず、設計要素間の関係が単純で、①機能要素と構造要素の相互依存関係が1対1対応ですっきりしており、②構造要素間の相互依存性がなく、③機能要素間の相互依存性がない場合、このようなアーキテクチャは、純粹な「モジュラー(modular)型」あるいは「組み合わせ型」と呼ばれる(図3)。現実にモジュラー型と呼ばれる製品は、これに近い特性を持っている。つまり、製品をあるレベルに構造分解した場合の基本モジュール(部品)を見ると、それぞれの部品がかなり機能完結的である。このため、部品相互間の信号やエネルギーのやり取りもそれほど必要ではなく、構要素間の連結部分(インタフェース)が比較的シンプルで済む。したがって、各部品(モジュール)の設計者は、インタフェースの設計ルールについて事前の知識があれば、部品供給者は、他の部品の設計をあまり気にせず独自の設計が出来る(Baldwin and Clark, 2000)。

図3 モジュラー型アーキテクチャ



出所) 藤本 (2009) 第3図より引用

一方、既に設計済みの部品を事後的に寄せ集めても、全体の製品機能が発揮されるので、組立企業は、すでに他社が設計済みの部品をカタログ買いで購入し、それを組み合わせても、狙った性能の製品を組むことができる。さらに、モジュラー型には、自社の中だけで「社内共通部品」を寄せ集める「クローズド・モジュラー型」と、企業を超えた「業界標準部品」の寄せ集めができる「オープン・モジュラー型」とがある。

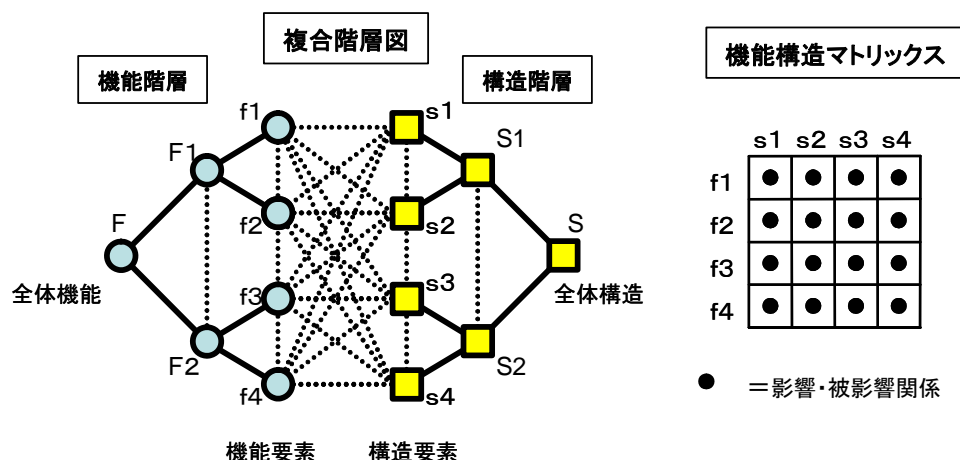
Baldwin and Clark (2000) では、モジュラー型の製品アーキテクチャのメリットとして、①複雑なシステムを、複数のモジュールに「分離」することによって、それらのモジュール間での組み合わせが増えるため、製品のバリエーションを増やすことができる、②複数のモジュールに分離されることによって、あるモジュールにおける改良を他のモジュールとは独立して行うことができ、その改良の成果を既存のモジュールと「交換」することによって、製品の全体としての性能を向上させることができる、③既存のシステムに対して新たなモジュールを「追加」したり「削除」することによって、顧客のニーズの変化に事後的に対応可能となる、④複数のモジュール間で共通している部分を「抽出」することによって冗長部分のコストを削減できる、⑤あるシステムにおけるモジュールを他のシステムに「転用」することによって、全てのシステムごとにスクラッチから設計しなくても良いので設計コストを削減することが可能になる、ということが挙げられている。Baldwin and Clark(2000)では、複雑なシステムに対して、上記の「分離」、「交換」、「追加」、「削除」、「抽出」、「転用」という六つの「モジュール化オペレータ」が用いられることによって、当該システムのモジュール化が進められていくプロセスについて考察されている。このようなモジュラー型アーキテクチャの下では、「ミックス・アンド・マッチ」で製品を作ることができるので、市場や技術の変化に素早く対応できるという意味で、「戦略的柔軟性 (strategic flexibility)」が高まるとされている (Sanchez and Mahoney, 1996; 梶山, 2000)。

モジュラー型アーキテクチャでは、機能と構造との対応関係が一対一に近く、各部品 (モ

ジュール) に自己完結的な機能が付与され、たとえば、パソコンにおいては、部品の寄せ集めでも十分に製品機能が実現される。モジュラー化によって、各モジュール内部での進化のスピードは速くなるが、実現可能な最大のパフォーマンスには一定の制約がかかる(青島、武石、2001)。このようなモジュラー型アーキテクチャの製品を開発するうえでは、組織内での相互調整が究極的には不要である。部品間の設計の独立性が高いので、部品間の事後的な擦り合わせなしに、簡単に組み合わせができるからである。製品システムの中で、各部品がどのような機能を担い、どのようなインタフェースを介してどのように相互作用しあうのかに関する設計ルール(デザイン・ルール)(Baldwin and Clark、2000)が事前に決められることによって、はじめて、モジュラー型製品が実現されることになる。ただし、製品アーキテクチャをモジュラー化するためには、デザイン・ルールを設定できる知識を保有している必要がある。

次に、インテグラル(integral)型アーキテクチャは図4に示されるように、設計要素間の関係が複雑なケースであり、①機能要素と構造要素が多対多対応の形で複雑に絡み合っており(Ulrich,1995)、②構造要素間の相互依存性が高く、③機能要素間の相互依存性が高い(藤本,2001,2004)。そこでは、機能と構造との対応関係が錯綜しており、ある機能の実現のためには複数の部品が必要であり、部品間の擦り合わせの優秀さで製品の完成度を競う。このタイプの製品では、部品や生産工程の設計を製品ごとに特殊設計し、相互調整し、最適化しないと、狙った機能や性能を実現することが困難であり、製品に対する顧客の機能要求や、社会が課す制約条件が厳しいものであることが多い。たとえば、高い性能に加えて、安全規制や排ガス規制や地球温暖化対策が厳しく要求される、先進国の小型自動車は、その典型である。そうしたタイプの製品は、他に、高級オートバイ、軽薄短小型の家電、胃カメラ、精密機械、高級な鉄鋼製品、機能性化学品、ゲームソフトなどがあり、それらは、既存の産業分類を超えて多くの分野に散らばっている。現実に「インテグラル型」と呼ばれる製品は、部品点数が多く、顧客の要求が高度かつ多様で、重量やサイズの制約が厳しく、市場ニーズ的にも技術特性的にもモジュラー化が難しい製品である傾向がある。

図4 インテグラル型アーキテクチャ



出所) 藤本(2009)第4図より引用

このタイプの製品では、全ての構成要素に自由な相互作用が許されているので、実現可能な最大のパフォーマンスは限りなく高くなるが、構成要素間の調整が複雑であるため、これをうまく開発・生産するためには組織内での高い相互調整能力が必要である。当該製品の各機能が、複数の部品が複雑に組み合わせることによって実現される。したがって、部品間の事後的な調整が、膨大かつ微妙な作業となる。

ここまで見てきた、モジュラー化／インテグラル化の違いは、部品間・部門間で行われる調整タイミングの代理変数でもある。インテグラル型製品の場合は、実際に製品開発を行いながら、部品間の調整を行う必要がある。一方、モジュラー型製品の場合には、各企業が製品開発に取り組む時点では、すでに部品間の調整がほとんど終わっている。デザイン・ルールにしたがって、開発を進めている限り、調整の必要は基本的に生じない。事前の調整を担当し、部品間の調整を一手に引き受けたシステム統合部品を開発・生産・販売している企業が、当該製品・産業のイノベーションの覇権を握ることになる。その代表例が、PC業界におけるインテルやマイクロソフトといったプラットフォーム・リーダーである (Gawer and Cusumano、2002)。

2.2 アーキテクチャと組織との関係

2.2.1 アーキテクチャのタイプと組織のタイプ

製品アーキテクチャのタイプ (統合型かモジュラー型) とそれに適した組織のあり方 (部門間調整や企業間での分業形態) との間には、ある一定の適合関係が存在していることが示されてきた (Langlois and Robertson, 1992; Baldwin and Clark, 2000; von Hippel, 1990; Sanchez and Mahoney, 1996; Fine, 1998; 青島・武石, 2001; 藤本, 2001, 2003; Fixson, 2005; 福澤, 2008; 貴志・藤本, 2010; 楠木・チェスブロウ, 2001; Schilling, 2000; Schilling and Steensma,

2001; Worren, Moore and Cardona, 2002; Mikkola, 2006; Sosa, Eppinger and Rowles, 2004; Pil and Cohen, 2006; 都留・守島, 2012)。たとえば、構成部品間の相互依存性が高い場合（インテグラル型アーキテクチャ）には、それぞれのコンポーネントを開発している組織あるいは企業間での緊密な相互調整が必要であり、インテグラル型の開発組織が適する。Clark and Fujimoto(1991)では、製品開発組織の作り方の理念型として、内的統合と外的統合の程度の違いによって、四つのタイプ（機能別組織、軽量級プロダクト・マネジャー、重量級プロダクト・マネジャー、プロジェクト実行チーム）が示されており、自動車のように「製品の首尾一貫性」が重要視されるような製品において、効果的な製品開発を行う上では、内的統合と外的統合の両方をうまく行うために重量級プロダクト・マネジャーを設ける開発組織のタイプが適しているということが示されている。そして、そのような統合活動を担当するマネジャーの特性（リーダーシップ）について明らかにされている。このことは、統合型の製品アーキテクチャの場合には、組織における緊密な相互調整が必要となるということを示していると考えられる。

一方、構成要素間の相互依存性が緩やかな場合（モジュラー型アーキテクチャ）には（特に、構成要素間のインタフェースが標準化されている場合）、それぞれのコンポーネントを開発している組織や企業間での相互調整の必要性が低い（あるいは必要ない）ため、モジュラー型の開発組織が適している。

Sanchez and Mahoney(1996)においても、構成部品間の相互依存性が高い場合には、それぞれのコンポーネントを開発している組織あるいは企業間での緊密な相互調整が必要になると述べられている。一方、構成要素間の相互依存性が緩やかな場合には、それぞれのコンポーネントを開発している組織や企業間での相互調整の必要性が低いということが述べられている。つまり、モジュラー型アーキテクチャの製品の開発においては、モジュラー型の開発組織が適しており、インテグラル型アーキテクチャの製品の開発においては、インテグラル型の開発組織が適しているということが主張されている。

同様に、楠木・チェスブロウ (2001)では、製品アーキテクチャが統合型であれば、さまざまな要素の相互作用が不明確なので、市場メカニズムに基づく活動の調整は効率的ではなくなるため、組織内部に活動を統合化するような「統合型の組織戦略」が適しているが、逆に、製品アーキテクチャがモジュラー型であれば、各構成要素間での相互作用については明確なので組織内部に活動を統合化するのではなくて、むしろ特定の活動分野に特化する「バーチャル型の組織戦略」が適していると述べられている。

藤本(2001)では、日本企業が得意とするのは、「擦合せ」重視、つまり部品間の微妙な相互調整、一貫した工程管理、緊密な社内部門間調整、取引先との濃密なコミュニケーション、顧客との接点の質の確保など、社内外の擦合せが競争力を決めるタイプの製品・産業であり、米国企業が得意とするのは、事前にインターフェースを標準化し、擦合せがそもそも不要となる工夫をした上で、自由自在に部品や製品設計や事業自体を連結し、ビジネスの急速展開に結びつけるというタイプの仕事であると述べられている。

以上みてきたような、アーキテクチャのタイプと組織のタイプとの適合関係に加えて、製品アーキテクチャのタイプと適合関係にあるのは、担当している業務の範囲（たとえば、組立メーカーと部品サプライヤーといった違い）よりも、むしろ保有している知識の範囲であるということも議論されてきた（Brusoni and Prencipe, 2001; 武石, 2003; 中川, 2008, 2011; 具, 2008）。

2.2.2 アーキテクチャと組織能力との適合

モジュラー型アーキテクチャの製品を開発する際にはモジュラー型の組織が適しているが、モジュラー化を進めるためには、インテグラル型知識（アーキテクチャ知識）を保有する組織が必要となる。いずれの場合にも、自社が開発する製品のアーキテクチャに適した組織能力を備えている必要がある。組織能力とは、組織に体化された、資源の組み合わせとその活用のパターンである。組織能力の特徴として、個々の企業に特有の属性であり、組織全体が持つ行動力や知識の体系であり、競合他社が模倣しにくく、独自に地道に構築する必要があるということが挙げられる（藤本, 1997）。

このような組織能力は、歴史的な経緯などにより、国別・企業別に偏在することがある。たとえば、戦後日本には歴史的・地理的な経緯から、調整型の組織能力が発達する傾向があった。これらの企業は、敗戦や冷戦、高度成長、慢性的な資源不足を経験しており、このことが多能工のチームワークに依拠する組織能力をもたらした。この組織能力は、開発や生産の現場で多くの調整活動を必要とする製品、すなわち製品アーキテクチャがインテグラル型である製品で競争優位を発揮しやすいという傾向にある。一方、単能工が多く存在し、分業型の組織能力が偏在する地域は、調整節約的なアーキテクチャ、すなわちモジュラー・アーキテクチャと相性がよい傾向にある（藤本, 2001; 藤本・新宅, 2005; 藤本・天野・新宅, 2007; 藤本・陳・葛・福澤, 2010; 都留・守島, 2012）。

2.3 製品アーキテクチャと取引方式との関係

部品取引のタイプは、一般的に、「購買品」（標準規格品として市販されている汎用部品）、「承認図・委託図部品」（デザイン・イン部品、ブラックボックス部品などとも呼ばれ、組立メーカーの指定する目標機能、外観、取り付け部設計などに基づき部品メーカーが内部の詳細設計を行う）、「貸与図部品・加工外注部品」（組立メーカーの支給する詳細図面のとおり部品メーカーが作る）に分かれる。後二者は、ともに非規格品、つまり発注側の用途に応じて特別に設計されたものであるという意味で「外注品」とも呼ばれる。

製造段階における内製・外製の選択ということに加えて、同様な境界線の決定は、さかのぼって生産技術、部品詳細設計、部品基本設計についても考えられる。例えば生産技術・生産準備についての内部対外部の問題は、部品生産用の金型を発注側（例えば自動車メーカー）が作って部品メーカーに支給するのか、部品メーカー自身が設計調達するのか、

前者の場合その金型は有償支給か無償支給かといったことである（アメリカでは無償支給が多いようであり、所有権は例えば GM に属するので、部品メーカーから見ると契約解消されて金型を引き揚げられるリスクがある）。

特殊設計部品（非汎用部品）における部品設計の内外製に関しては、前述のように、いわゆる「承認図」方式と「貸与図」方式（支給図、指定図などとも呼ばれる）の区別が重要である。前者では、各部品の基本的な要求仕様（性能、外形寸法、取り付け部設計）は発注側（例えば自動車メーカー）が作成・提示するが、詳細設計や部品単体の試作・性能評価は部品・材料メーカーが行い、発注側の承認を得る。後者では、発注側が部品詳細設計（部品図）に至るまで作成し、入札で選ばれた部品メーカーは（VA などの提案は行うかもしれないが）基本的には図面どおりに製造するのみである。

また、両者の中間形態として「委託図」（委託設計）方式がある。これは、契約上の権利と責任（図面の所有権や品質保証責任）に関しては貸与図と同じだが、実際の作業分担においては、詳細設計を部品メーカーが行うという意味で承認図方式に近い。ここでは、「承認図方式」と「委託図方式」を「ブラックボックス部品」と総称することにする（Clark and Fujimoto, 1991）。こうした設計外注化による部品メーカーの開発参加は、「デザイン・イン」と呼ばれることもある。

承認図方式・委託図方式では、部品メーカーに製造のみならず設計開発能力が要求され、これが部品メーカー選定の重要なポイントとなる（いわゆる「開発コンペ」）。また、開発の早い段階からの部品メーカーの参加が、承認図方式の前提となる。自動車の場合、ブラックボックス部品方式（承認図方式・委託図方式）は日本企業で多く見られた（Clark and Fujimoto, 1991）。以上のような自動車部品取引のタイプを設計外注化の視点からまとめると表 1 のようになる。

結果としてはこうした設計外注は、開発作業全体の効率化と期間短縮につながり、また部品の製造性（作りやすさ）の向上にもつながったとの評価が国際的に定着している（Clark and Fujimoto, 1991）。自動車産業では 1980 年代以降、日本発のこの方式が欧米自動車産業にも徐々に浸透していった。

表1 自動車部品取引のタイプ：設計外注化の視点から

		当該製品についての作業分担			責任・権限		取引のタイプ	
		部品製造	詳細設計	基本設計	図面の所有権	品質保証の責任		
内製		C	C	C	C	C	組織	
外製	貸与図方式	S	C	C	C	C	关系的契約	
	ブラックボックス方式	委託図方式	S	S	C	C		C
			承認図方式	S	S	C		S
	市販部品	S	S	S	S	S	市場	

注：Cは自動車メーカー、Sは部品メーカーを示す。

出所) 藤本(1997)より引用

ここまで見てきたような部品取引のタイプに対して製品アーキテクチャがどのような影響を与えているのかということについて、藤本・葛(2001)では実証研究が行われている。藤本・葛(2001)における分析枠組みでは、部品のアーキテクチャ特性として、インテグラル製品アーキテクチャに対応する部品特性として、当該部品と他の部品との機能的相互依存性および構造的相互依存性を定義し、その逆に、モジュラー製品アーキテクチャに対応する部品特性として、当該部品と他の部品との機能的独立性および構造的独立性が考えられている。以上の枠組みを通じて、藤本・葛(2001)では、以下のような命題が提示されている。

- ① 機能・構造的相互依存性が低い部品は、承認図つまり詳細設計の外部化を選択しやすい(企業間関係、关系的技能、環境が所与の場合)。
- ② 機能・構造的相互依存性が極端に低い場合は、市販品となりやすい。
- ③ 構造・機能的相互依存性が高い場合、貸与図方式が選択されやすい。
- ④ 機能・構造的相互依存性が極端に高い場合は、内製となりやすい。
- ⑤ 委託図は、承認図と貸与図の中間形態で、構造的相互依存性が低い、機能的相互依存性が高い場合、その部品取引は委託図つまり詳細設計の外部化と図面所有権の内部化を選択しやすい。

以上のように、藤本・葛(2001)では、他の条件が一定のとき、部品のアーキテクチャ

特性と、取引パターンとの間に、ある種の相関関係があることが予想されており、まとめるとつぎのような 2 つの傾向が、理論的に予想され、かつ、実証的にもある程度、整合的な結果が出されている。まず、機能完結性が高い（「外モジュラー」寄りの）部品は、他の部品の挙動や構造の影響を受けにくいので、機能目標の達成、外観形状の制約（部品の相互干渉の防止のため）、取り付け部の詳細設計（正確な取り付けのため）などを前提に、構造設計をサプライヤーに任せる「承認図方式」が日本では盛んである。この傾向は、藤本・葛（2001）において、実証分析によって示されている。

しかし、逆に、機能完結性が低い（「外インテグラル」寄りの）部品は、他の部品の挙動や構造の影響を受けやすいので、部品メーカーに対して、機能要求（基本設計）を買い手企業が提示し、構造設計（詳細設計）をサプライヤー（売り手）に任せる承認図方式にはなりにくい。むしろ、構造設計（詳細設計）をサプライヤー（売り手）に示し、その実現を要求する「貸与図方式」となることが、論理的には自然であり、実際にその傾向が見られる。その場合、設計品質の保証責任は、買い手企業側に残ることが一般的である。

3. コンプレッサの事例

3.1 コンプレッサの機能と構造

コンプレッサは、カーエアコンディショナー（カーエアコン）に圧縮空気を送り込む機能部品であり、それ自体は、機能完結性の比較的高い部品である。カーエアコンディショナーとしての機能を実現するためには、コンプレッサの他に、配管や電子回路など複数の機能部品が必要である。コンプレッサは、約 20 の主要な個部品からなり、斜板は、その中の一つである（X社の社内資料より）。以下、本節では、X社の事例に基づいて、コンプレッサのアーキテクチャ特性ならびに、取引関係について考察していく。

コンプレッサは、プーリー、プーリダンパー、プーリー軸受、シャフト、ジャーナル軸受、スラスト軸受、斜板、シュ、ピストン、シリンダ、バルブ、チェックバルブ、リリーフ弁、ECV、ヒンジホール、フランジ、リンク、ハウジング穴、リップシール、ガスケット、冷媒量、冷凍機油量の 22 個の構成部品からなる。さらに、コンプレッサの機能を実現するために重要な関連性のある構成部品として、「回路」と「ACU(エアコン・コントロール・ユニット)」がある。この「回路」の構成部品として、コンデンサ、レシーバ、膨張弁、エバポレータ、配管、シールの 6 つが挙げられる。なお、ACU はそれ以上の構成部品に分けて示されていない。

コンプレッサの機能として、主として、以下の 8 つが挙げられる³。すなわち、①エンジンの回転をコンプレッサの回転にスムーズに伝達する、②回転運動を往復運動にスムーズに伝達する、③冷媒の吸入・圧縮・吐出、④スムーズな可変、⑤吐出容量と吐出圧力の制御、⑥コンプレッサ内の潤滑油量の調整、⑦クランク室への異物の侵入防止、⑧冷媒・オ

³ これら、コンプレッサの機能と構成部品の詳細については、補表を参照されたい。

イルの外部への漏れ防止である。

3.2 コンプレッサのアーキテクチャ的特性

コンプレッサ自体は、最適設計された特殊設計部品により構成された、中インテグラル寄りの部品である（X社資料より）。上記のコンプレッサの機能と構成部品との関係について見てみると、例えば、「回転運動を往復運動にスムーズに伝達する」という機能を実現するためには、「シャフト、ジャーナル軸受、スラスト軸受、斜板、シュ、ピストン、シリンダ、冷凍機油量」といった構成部品が強く関連しており、さらに、「ヒンジホール、フランジ、リンク」といった構成部品も関連している。同様に、その他 7 つのコンプレッサの機能についても、複数の構成部品が関連する（強弱の程度はあるにせよ）ことによって、実現されることとなっている。したがって、コンプレッサ全体のアーキテクチャ特性は、「中インテグラル寄り」であると考えることができる。さらに、コンプレッサの構成部品間のインターフェース（結合部分）は、製品特的にカスタム設計されたインターフェースでもある。

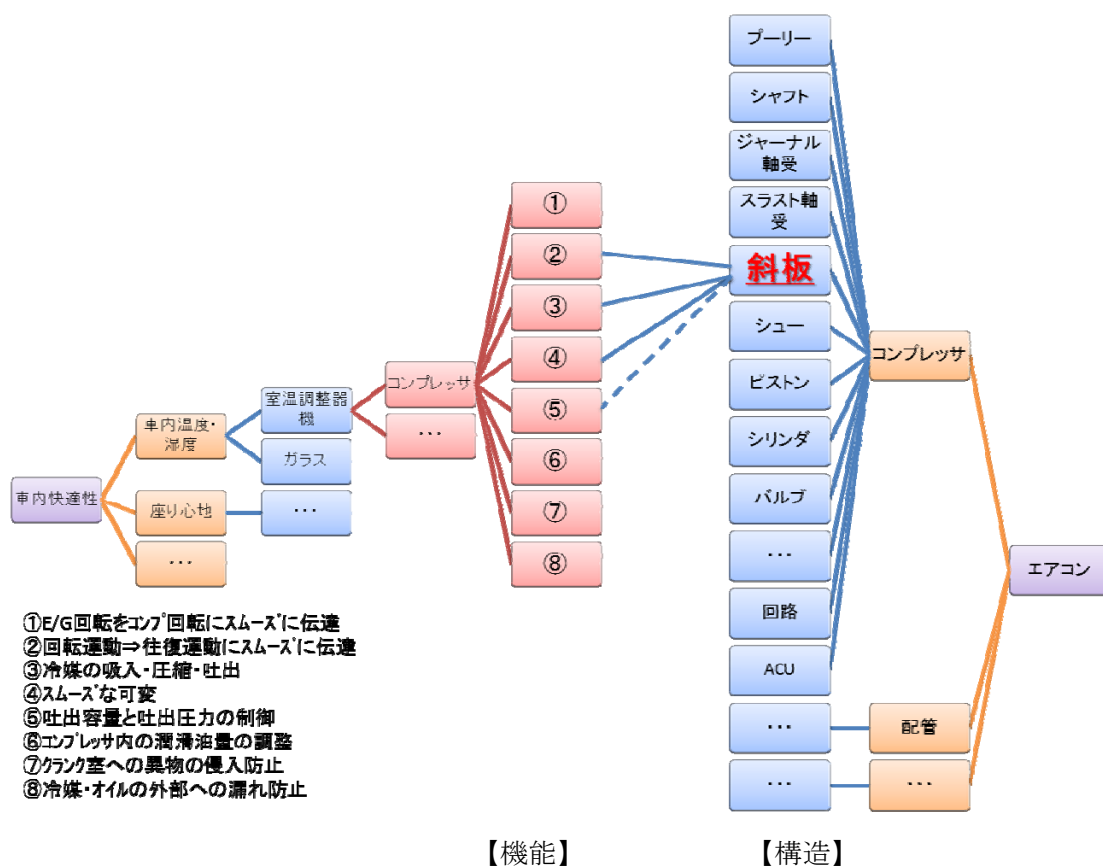
今回は、コンプレッサの構成部品である「斜板」のアーキテクチャ特性について焦点を当ててみよう。コンプレッサの機能のうち、「斜板」は 4 つの機能の実現に関連している（X社資料より）。それは、「回転運動を往復運動にスムーズに伝達する」、「冷媒の吸入・圧縮・吐出」、「スムーズな可変」、「吐出容量と吐出圧力の制御」の 4 つであり、このうち、最初の 3 つの機能に対して特に強い関連性を持っている。

さらに、これら 4 つの機能は、それぞれ「斜板」のみで実現されるものではなく、他の複数の構成部品と相互に関連して動作することによって初めてその機能が実現されるのである。例えば、上述のように「回転運動を往復運動にスムーズに伝達する」という機能を実現するためには、「シャフト、ジャーナル軸受、スラスト軸受、斜板、シュ、ピストン、シリンダ、冷凍機油量」といった構成部品が強く関連しており、さらに、「ヒンジホール、フランジ、リンク」といった構成部品も関連している。「冷媒の吸入・圧縮・吐出」という機能を実現するためには、コンプレッサの構成部品のうち、「斜板、シュ、ピストン、シリンダ、バルブ、チェックバルブ、リリーフ弁、ECV、冷媒量」が強く関連しており、加えて、「シャフト、ジャーナル軸受、スラスト軸受、ヒンジホール、フランジ、リンク、リップシール、ガスケット」が関連している。「スムーズな可変」という機能を実現するためには、「斜板、シュ、ピストン、シリンダ、ECV、ヒンジホール、フランジ、リンク、ハウジング穴、冷凍機油量」が強く関連しており、加えて、「シャフト、ジャーナル軸受、スラスト軸受、リップシール」が関連している。

このように、コンプレッサの主要子部品の一つである「斜板」は、コンプレッサの構成部品としては、「外インテグラル的」な部品であるということが出来る（図 5）。つまり、「斜板」単体では、コンプレッサの主要機能を実現することはできないということであり、言い換えれば、「斜板」単体の開発・生産を行っているだけでは、コンプレッサの機能を決め

たり、それを実現するための構成部品間の関係を決めたりするという活動を行うことは極めて困難であるということである。ここまでの考察から、コンプレッサの機能と構造を決める、すなわち、コンプレッサのアーキテクチャを決めることができるのは、「斜板」をはじめとしたコンプレッサの構成部品を開発・生産している企業ではなくて、コンプレッサ全体を開発・設計している企業であると考えるのが妥当であろう。製品システム全体の知識を持ち合わせているのは、製品全体を見渡せる企業である、ということは、これまでの主要な経営学の研究からも、同様の見解が示されている（Henderson and Clark, 1990、新宅、1994、具、2008 など）。

図5 コンプレッサのアーキテクチャ概略図



注) 右側は機能を、左側は構造を示している。機能と構造との関連性について、実線は強い関連性を、破線は関連性があることを示している。

出所) X社資料より筆者作成

3.3 コンプレッサ業界における取引方式

コンプレッサ業界における取引方式に関して、一般的なプレーヤとしては、①カーエア

コンシステム全体を設計・開発・生産する企業、②コンプレッサ全体を設計・開発・生産する企業、③コンプレッサの構成部品を設計・開発・生産する企業に大きく分けることができる。一般的には、エアコンシステムメーカーと、コンプレッサメーカーとの取引方式は、「承認図」方式であることが多いと言われる（X社の関係者への聞き取りより）。一方、コンプレッサメーカーとその構成部品メーカーとの取引方式は、「貸与図」方式が多いと言われる。

X社は、コンプレッサの主要構成部品の一つである「斜板」の製造を担当している。上述のように、「斜板」は、コンプレッサの中で「外インテグラル的」なアーキテクチャ特性を持つ部品である。そのためX社は、コンプレッサメーカーが定めた機能を実現するための部品の製造を行っているが、自社が製造している「斜板」が、コンプレッサの機能を実現するためにコンプレッサの中でどのような機能の役割を割り当てられていて、さらには、実際にどのように振る舞っているのか、という情報ならびに知識を持ち合わせていないと考えられる。

実際の製造を進めるにあたっては、製造性の問題や品質の確保のために、特定のパラメータ（部品形状や製造条件など）を変更する提案を、X社からコンプレッサメーカーに対して行うという事は行われていた。しかし、そのような提案のすべてについて、取引先であるコンプレッサシステム全体の知識を有しているコンプレッサメーカーが確認して再度図面を書き直して、X社へ新たな図面に基づいて製造要求をする、というように、あくまでも「貸与図」方式にもとづいた取引方式であったといえる。このように、部品の製造企業がさらなる生産性や品質向上のために、セットメーカーに対して改善提案を行うということは、他の多くの日本企業においても見られることであり、このことが、日本企業の製品の高い品質・生産性を支える重要な一つの特徴であるとも言える。

以上をまとめると、X社の製造している「斜板」は、「外インテグラル」的特性を持つ部品であり、その取引関係は「貸与図」方式であったと言える。このことは、藤本・葛（2001）で実証的に示された仮説、つまり、「外インテグラル型の構成部品の取引は貸与図方式によって行われる」というものの、一般性をさらに高める結果となったと考えられる。

4. 結論とインプリケーション

本稿では、カーエアコンディショナーの主要な構成部品である「コンプレッサ」、および、コンプレッサの主要な構成部品である「斜板」のアーキテクチャ的特性を示し、アーキテクチャ特性と取引方式との関係を検討した。

X社の事例に基づき、コンプレッサの機能と構造の関係は、高度にインテグラル的な特性を有していること、さらには、その構成部品の一つである「斜板」は、コンプレッサに対して高度に「外インテグラル的」な特性を有していることが示された。この「斜板」の取引方式については、コンプレッサメーカーとX社とは、「貸与図方式」で取引が行われていることも明らかとなった。これらのことから、藤本・葛（2001）で示された、「外インテ

グラル部品であれば、貸与図方式で取引される」という仮説が事例によりさらに支持されることが示された。

さらにこのことから、取引における品質保証に関しても示唆を得ることができる。先述のように、X社の製造している「斜板」は、外インテグラルの特徴を持ち、かつ、「貸与図方式」で取引されている。藤本・葛（2001）で示されているように、「外インテグラル」かつ「貸与図方式」で取引されている場合には、その設計品質の保証責任については、買い手側にあるということが一般的である。

本稿の事例では、コンプレッサの機能やそれぞれの構成部品の機能を決めることができるのはコンプレッサメーカーであり、設計品質に関する知識および権限を有するのはコンプレッサメーカーである。したがって、「斜板」の設計品質の保証責任は、その買い手側であるコンプレッサメーカーにあると考えることが妥当である。

斜板のみを製造しているX社には、自社の製造している斜板が、コンプレッサのなかで、他の構成部品とどのような連携をして、どのような挙動をするのかということに関する情報や知識を保有し得ない。つまり、コンプレッサ全体の機能のみならず、「斜板」の機能についても、X社にはそれを決定する知識も権限も持ち合わせていない。「貸与図」方式である以上、コンプレッサメーカーの設計図面通りに、そこで求められる製造品質を実現することがX社の役割であり責任であると考えるのが妥当である。

すなわち、今回取り上げている「斜板」が外インテグラル的な特徴を持つ部品であって、かつ、「貸与図」方式で取引されている部品であるから、それ自体の「構造」やその「製造品質」についての知識は持ちうるが、その機能の設計・開発や、「設計品質」に関する知識を持つことは困難である。

「斜板」の機能、ならびに、それを実現するために必要となる構成部品の構造および部品間の相互関係について決めることができるのは、コンプレッサメーカーであるということ、さらには、「貸与図」で取引されている以上、コンプレッサの構成部品の機能および構造設計に関する知識および権限はコンプレッサメーカーにあるが、それらを構成部品メーカーは持ち合わせていないということが考えられる。

このように、製品アーキテクチャと取引関係の間には、知識の境界の観点から望ましい組み合わせが存在する。しかし、製品アーキテクチャは技術的な特性であるのに対し、取引関係および品質保証責任の所在は契約上の問題である。そのため、望ましい関係から逸脱してしまう可能性もある。その場合には、「知識は無いのに責任を持たされる」あるいは「知識はあるが責任はない」という不自然な関係になってしまう。これは取引を行う両企業にとって長期的に競争力の構築を阻害する要因にもなりうる。

謝辞

本稿の執筆に際して、X社の方々には貴重なお時間を割いてインタビュー調査にもご協力いただき、加えて貴重な資料も提供していただきました。ここに記して心より感謝申し上げます。

げます。

参考文献

- 青島矢一・武石彰 (2001) 「アーキテクチャという考え方」 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編著 『ビジネス・アーキテクチャ』 (2章) 有斐閣.
- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Brusoni, S. & Prencipe, A. (2001). Unpacking the black box of modularity: technologies, products and organizations. *Industrial and Corporate Change*, 10 (1), 179-205.
- Clark, K.B. & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance*. Boston: Harvard Business School Press.
- Fine, C.H. (1998) *Clock Speed*. Cambridge, MA: Basic Books.
- Fixson, S. K. (2005). Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions. *Journal of Operations Management*, 23, 345-369.
- 藤本隆宏(1986) 「テクノロジー・システムに関するノート」 土屋守章編 『技術革新と経営戦略』 日本経済新聞社.
- 藤本隆宏(1997) 『生産システムの進化論』 有斐閣.
- 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：製品・組織・プロセスの戦略的設計』 (1章) 有斐閣.
- 藤本隆宏 (2003) 「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』 36 (4), 11-22.
- 藤本隆宏(2004) 『日本のもの造り哲学』 日本経済新聞社.
- 藤本隆宏 (2009) 「アーキテクチャとコーディネーションの経済分析に関する試論」 『経済学論集』 75 (3), pp.2-39.
- 藤本隆宏・葛東昇(2001) 「アーキテクチャ的特性と取引方式の選択: 自動車部品のケース」 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編著 『ビジネス・アーキテクチャ：製品・組織・プロセスの戦略的設計』 (10章) 有斐閣.
- 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・天野倫文・新宅純二郎 (2007) 「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』 40 (4), 51-64.
- 藤本隆宏・桑嶋健一編 (2009) 『日本型プロセス産業』 有斐閣.
- 藤本隆宏, 陳晋, 葛東昇, 福澤光啓 (2010) 「組織能力の偏在と日系企業の立地選択—大連における日系企業の事例—」 『国際ビジネス研究』 2 (2), 35-46.
- 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』 41(3), 55-67.
- Gawer, A and Cusumano, M. (2002). *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive*

- Industry Innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Goepfert, J. and M. Steinbrecher (1999) "Modular Product Development: Managing Technical and Organizational Interdependencies." *Mimeo*.
- Henderson, R.M. & K.B. Clark (1990) Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35 (1), 9-30.
- 貴志奈央子・藤本隆宏 (2010) 「組織の調整力と製品アーキテクチャの適合性—輸出比率への影響」『経済研究』 61 (4), 311-324.
- 具承桓(2008) 『製品アーキテクチャのダイナミズム』 ミネルヴァ書房.
- 楠木建・ヘンリーW.チェスブロウ (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・青島矢一編著 『ビジネス・アーキテクチャ』 (13章) 有斐閣.
- Langlois, R.N. & Robertson, P.L. (1992). Networks and innovation in a modular system: lessons from the microcomputer and stereo component industries. *Research Policy*, 21, 297-313.
- Mikkola, J.H. (2006). Capturing the degree of modularity embedded in product architectures. *Journal of Product Innovation Management*. 23, 128-146.
- 中尾政之 (2003) 『創造設計学』 丸善.
- 中尾政之・畑村洋太郎・服部和隆 (1999) 『設計のナレッジマネジメント』 日刊工業新聞社.
- 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 のイノベーションの事例より—」 『組織科学』 41 (4), 69-78.
- 中川功一(2011) 『技術革新のマネジメント』 有斐閣.
- 小川紘一 (2009) 『国際標準化と事業戦略』 白桃書房.
- Pil, F.K. & Cohen, S.K. (2006). Modularity: implications for imitation, innovation, and sustained advantage. *Academy of Management Review*, 31 (4), 995-1011.
- Sanchez, R. & J.T. Mahoney (1996) Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design," *Strategic Management Journal*, 17, pp.63-76.
- Schilling, M.A. (2000). Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. *Academy of Management Review*, 25 (2), 312-334.
- Schilling, M.A. & Steensma, H.K. (2001). The use of modular organizational forms: an industry-level analysis. *Academy of Management Journal*, 44 (6), 1149-1168.
- 新宅純二郎 (1994) 『日本企業の競争戦略』 有斐閣.
- Simon (1996). *The science of the artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Sosa, M.E., Eppinger, S.D. & Rowles, C.M. (2004). The misalignment of product architecture and organizational structure in complex product development. *Management Science*, 50 (12), 1674-1689.
- 梶山泰生 (2000) 「カラーテレビ産業の製品開発」、藤本隆宏・安本雅典編著 (2000) 『成功する製品開発—産業間比較の視点』 有斐閣、63-86.
- Suh,N.P.,(1990) *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York.
- Suh,N.P.,(2001) *Axiomatic Design - Advances and Applications*, Oxford University Press, New York.

- Takeishi, A. & Fujimoto, T. (2001) . Modularisation in the auto industry: interlinked multiple hierarchies of product, production and supplier systems. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 1(4), 379-396.
- 武石彰 (2003) 『分業と競争』 有斐閣.
- 都留康・守島基博編著 (2012) 『世界の工場から世界の開発拠点へ』 東洋経済新報社.
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), 419-440.
- Worren, N, Moore, K. & Cardona, P. (2002). Modularity, strategic flexibility, and firm performance: a study of the home appliance industry. *Strategic Management Journal*, 23, 1123-1140.
- von Hippel, E. (1990). Task partitioning: an innovation process variable. *Research Policy*, 19, 407-418.

補表

コンプレッサの主な機能と部品との関係																															
		◎：関連性強い ○：関連性あり																				※ACU=エフコン コントロール ユニット									
		コンプレッサ																				回路							ACU		
no.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
構成部品		フリー クランク	フリー クランク	フリー クランク	シャフト	ジャーナル 軸受	スラスト 軸受	斜板	ピストン	ピストン	シリンダ	バルブ	チェック バルブ	リリーフ弁	ECV	ピストン ホール	フランジ	リンク	ハウジング 穴	リップ シール	ガスケット	冷媒量	冷凍機 油量	コンデンサ	レシーバ	膨張弁	エバポ レータ	配管	シール	ACU	
主な機能	no.																														
コンプレッサ	1	◎	◎	◎																											
	2				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎					○	○	○					◎								
	3				○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○		○	○	◎		○	○	○	○	○	○	○	○
	4				○	○	○	◎	◎	◎	◎				◎	◎	◎	◎	◎	○			◎	○	○	○	○	○	○	○	○
	5							○	○	○	○	○	◎	◎	◎	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
	6									○	○	○	○		◎				◎				◎								
	7														○											○					
	8											◎									◎	◎									
回路	9																							◎							
	10																								◎						
	11																								◎						
	12																									◎					
	13																										◎				
14																								◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
車両	15																													◎	