

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月18日現在

機関番号：22301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17172

研究課題名(和文)成熟産業における先発企業の製品戦略と製品アーキテクチャの選択

研究課題名(英文)A choice of product strategy and product architecture by existing companies in matured industry

研究代表者

向井 悠一郎(Mukai, Yuichiro)

高崎経済大学・経済学部・准教授

研究者番号：40738514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はイノベーション論の議論を踏まえ、製品戦略と製品の設計思想の選択の関連性について検討した。インタビューと公開資料を用いた造船会社の事例研究を行った。その結果、製品全体レベルでは、製品の使用環境ないし補完財との関係により、製品のサイズの影響を受ける可能性が考えられた。製品のサブシステムレベルでは、大型の製品あるいは小型の製品を主力とする企業ほど、サブシステムレベルの設計は、製品全体の設計にすりあわせれ、中程度のサイズを主力とする企業は逆に標準的な設計を選択する傾向が見られた。これは使用環境や補完財との相互依存関係と、量産品としての納期、コスト制約の両立を図るための折衷案であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

第一に、企業が製品アーキテクチャのような基本的な設計特性を選択する際、大きさによる制約＝補完財の規模との相対的な関係にも注意を払う必要があること示唆した。人工物はその周囲の補完財が存在する中で使用される。生産においても設備の制約も存在する。設計思想に与える影響がありながら、実務的には基本的な要件であるがゆえに検討対象となつてこなかった要因である、設計される人工物のサイズに本研究は着目した。第二に、大型人工物の設計に関して、特注から規格品受注生産への移行をどうなしうかを検討した。この変化は、他の多くの産業財産業が直面する課題であり、とくに産業財企業に対する先行事例を示すことができたと考ええる。

研究成果の概要(英文)：This study examines relationship between product strategy and selection product architecture based on theory of innovation management. A method of this study mainly depends on case studies of shipbuilding companies by interviews and analysing publications. As a result, firstly focusing on overall product level, selection of product architecture would be effected by product size, because taking into consideration usage environment or complementary goods such as infrastructure is necessary. Secondly, at subsystem level, the companies with main product relatively large or small size product tend to choose integral architecture, while the companies with medium size product tend to modularize its architecture. It could be thought as compromise customization for usage environment and delivery and cost constraint as mass production.

研究分野：生産管理

キーワード：製品開発 製品アーキテクチャ 造船

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来のイノベーション論（アーキテクチャ論、製品開発論、人工物の複雑性に関する CoPS の議論など）では、先発企業は製品アーキテクチャの変化に対応できなくなり、後発企業との競争に敗れるとされてきた（Henderson and Clark,1990;Christensen,1997;Hobday,1998）。つまり、先発企業にとっては製品アーキテクチャの変化は環境条件の一つと見なされてきた。

しかし、製品設計が設計者による階層構造的な意思決定であるならば（Clark,1985）先発企業でも後発企業でも、企業側がアーキテクチャを決める可能性がある。この可能性は近年議論されているが（例えば具(2008)、向井(2013)）そうだとすると同一産業内で多様なアーキテクチャが存在する可能性がある。にもかかわらず、こうした観点からの検討は今までのところ少なかったと思われる。

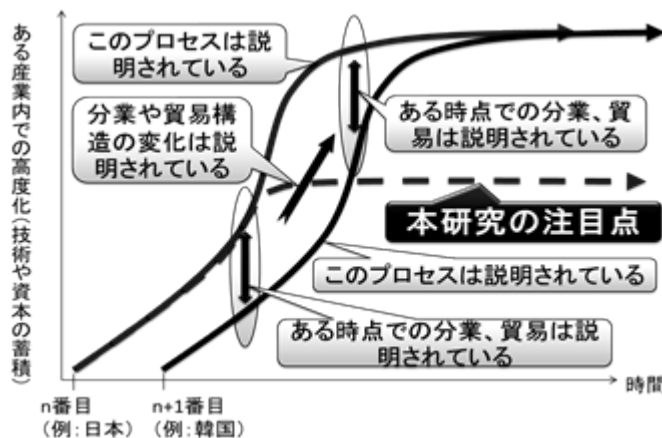
そこで本研究の第一の問題意識（下記 2. ）は、それぞれ異なる製品戦略を選択して生き残ることができた企業が、どのように製品アーキテクチャを設定してきたのか、とする。

この問題意識に答えるために、先発企業も後発企業もそれぞれ異なる製品戦略と製品アーキテクチャをとりつつ、依然としてどちらも生き残っている造船産業をまず取り上げる。その上で、産業間比較を試み、一般化可能性と限界を検討する。

一般的に、先発国と後発国で賃金格差が縮まらないことを暗黙の前提とし、コストで有利な後発国に追い越されるため、産業の成熟期から衰退期に、先発国から後発国へと優位性が移るとわれてきた。この観点から、日本の造船産業は既に競争力を失ったと見なされてきた。現に 1978 年の特定不況産業安定臨時措置法で構造不況業種とされ、後発国である韓国や中国に 1990 年から 2000 年代に一国の生産量は追い抜かれた。「大手」造船会社は事業規模の縮小、企業レベルでの再編も度々行なわれた（具・加藤,2013）。しかし、2000 年代に韓国や中国に生産量で追い抜かれた後も、日本の生産量はむしろ伸びている（具・加藤・向井,2010）。

さらに注目すべきことに、日本企業のシェアが高いのは、比較的先端技術を必要とせず、複雑性の低いセグメントである（向井・新宅他,2015）。これは、1 国の経済や産業の高度化の過程や、一時点における先進国と発展途上国の分業や貿易に関する古典派の国際経済学の議論（Ricardo,1817;赤松,1956）複数の国の活動配置や関係性に関する国際経営の議論、後発国の優位性の議論（Gerschenkron,1962;末廣,2000）などで想定されていない状況である（下図）。

そこで本研究の第二の問題意識（下記 2. ）は、先発国企業であっても非先端技術・非高付加価値分野で依然、競争力を持つのはなぜか、とした。



2. 研究の目的

本研究はイノベーション論（アーキテクチャ論、製品開発論、CoPS など）、国際経済学・経営学（国際分業論、キャッチアップ型工業化論など）の議論を踏まえ、以下 2 点に取り組む。

それぞれ異なる製品戦略を選択して生き残ることができた企業が、どのように製品アーキテクチャを設定してきたのか。

先発国企業であっても非先端技術・非高付加価値分野で依然、競争力を持つのはなぜか。

造船産業の事例研究と、産業間比較を踏まえ、“物理的特性”を考慮した新たなアーキテクチャ戦略と製品戦略の適合が、成熟産業における先発企業の競争力に寄与することを示唆する。

以上に取り組むことにより、今後、多くの国、産業、企業が直面する状況下の技術戦略の考え方を示唆することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、複数の造船会社の事例研究にもとづく探索的な仮説構築の方法を選択した（Eisenhardt,1989；Yin,1994；横澤・辺・向井,2013）。各企業に対する調査は、セミストラクチャード・インタビューによって行なわれた。主な対象は、筆者が本研究以前から調査に着手していた企業、日本と韓国の造船企業 14 社のうち、7 社の事例を主に取り上げることとした。この 7 社を選択する理由は、第一に主力船のサイズの点で大小があること、船種の点でも

主力がばら積み船の企業とそうでない企業があることから、製品ポートフォリオのパターンがある程度まんべんなくそろうためである。

第二に、2000年代に生産量が増加しており、少なくともこの時期は、ある程度新造船事業が堅調であると思われることである。

第三に、2000年代の企業別のトータルの生産量が100～数百隻と開きはあるが、100隻であっても造船業界の中では生産量が多い方である。また、主力製品の生産隻数をみると、同一モデル200隻が商船として戦後最多とされる業界において、いずれも数十隻と、比較的多い方である（海事プレス,2013）。

4. 研究成果

本研究の問題意識は、人工物の物理的な「大きさ」が、どのように製品の設計の選択に影響を与えているのか、とした。これに対して、製品の「大きさ」によって補完財との相互依存関係が強いとき、人工物全体（製品）レベルはカスタマイズ設計が選択される傾向があることが考えられた。また、製品の「大きさ」による制約が厳しいと、内部の部品やサブシステムでは取り得る設計パターンを選択肢が限られ、逆に制約が比較的厳しくなければ、顧客要求を受け入れやすく、カスタマイズされる傾向があることが考えられた。

まず、製品開発論、製品アーキテクチャ論、CoPSを中心とした複雑性に関する議論をレビューした。製品開発に関しては、構成要素の多数性や多様性への対応に注目した、1960年代から80年代の製品開発論や、1990年代後半から2000年前半のCoPSの議論（Hobday, 1998）がある一方、構成要素間の相互依存性に注目した製品アーキテクチャ論も1990年代以降の経営学で議論されてきた（Ulrich, 1995）。その製品アーキテクチャの選択は、特にハードウェアの製品であれば、部品がより上位の製品システムに組み込まれるとき、あるいは人間によって使用されるとき、設計対象となる製品・部品とその上位システムとの物理的な相対的關係が、製品アーキテクチャの決定に影響すると考えられる（Ulrich and Eppinger, 1994）。しかし、製品アーキテクチャの決定に関する中心的な研究対象となった電子・ソフトウェア系の設計の研究（Langlois and Robertson, 1992; 1995; Cusumano and Selby, 1995; 國領, 1999; Baldwin and Clark, 2000; 小山・竹田, 2001 など）や、自動車部品設計の研究（浅沼, 1990; 藤本・武石, 1994; 延岡, 1996; Sako and Murray, 1999; 近能, 2001; 武石・藤本・具, 2001; 武石, 2003; 具, 2008 など）では、物理的な要因はあまり焦点が当てられなかった。このように、製品アーキテクチャ論において、Ulrich and Eppinger（1994）が指摘したような物理的な要因に関する視点が欠けがちであった。また、CoPSプロジェクトや複雑性に関する研究では、研究対象の製品システムの構成要素数の多さや構成要素間の相互依存性の高さから、インテグラル・アーキテクチャである前提のもと、インテグラル・アーキテクチャに対応する組織構造やシステム統合者の役割に主眼を置いてきた。一方で、CoPSの議論をはじめ、複雑性がアーキテクチャにどう影響するかという議論は数多くあったが、製品・部品と、それが使われる上位システムや補完財の規模との相対的關係が設計にどう影響するかという議論はあまりなされていないことが先行研究のレビューを通じて明らかになった。

次に、海事産業の産業構造や、その中で船舶がどのような位置にあり、一般的にどのような人工物としてのシステムなのかを整理した。そこから、船の物理的な大きさが影響を与えらると思われる、船の外形（船体）設計と、機関室内の艦装（配管・配置）設計に注目する必要があることが考えられた。また、世界の造船市場の生産量の9割のシェアを占める日本、韓国、中国の状況を概観したところ、先発国である日本がコスト的に必ずしも不利とは言えない状況であること、韓国が「ハイテク船」にシフトしている状況であることが分かった。しかし、同時に、日本企業全てが優位にあるとはいえず、各企業が具体的にどのような製品開発戦略をとっているのかをみる必要があることがうかがえた。

そこで、各企業の設計特性の選択を見るために、船1隻レベルでの船体設計および機関室の艦装設計を中心に、事例を取り上げた。相対的に小型、大型と分類して、製品の設計に焦点を当てた。船の外形（船体）設計に関しては、比較的小型の製品は標準設計を重視し、比較的大型の製品は個別にカスタマイズ設計を重視する傾向があった。これは、船の外形は地理的な条件や港湾や運河といった海運インフラと接するインターフェースであると見なすと、海運インフラとの相対的な物理的な制約がかかること、燃費や強度などの点で設計の難度が上がるのが理由として考えられる。一方で、小型の船は、どこへでも行ける汎用性が求められ、海運インフラとのインターフェースとして船の外形をみると標準設計が選択されると考えられる。一方で、船の内部の機関室の設計をみると、小型の船ほど船用部品のレイアウト（配置）やインターフェース（配管）標準設計、大型の船ほどそれらがカスタマイズ設計となっていた。一般的に、船のサイズの大小に関わらず、船殻最大化のために機関室最小化が求められ、さらに機関室を囲む外形部分（船尾）は燃費などの船の基本的な性能を満たすために優先的に設計される。また、機関室内部は業界標準の船用部品を用いることや、内部で一定数の機関士など乗組員が操作・保守することが制約となる。すると、そうした船用部品や乗組員の大きさと機関室空間との相対的な関係によって、船用部品のレイアウトやインターフェースが設計されることになると考えると、小型船の方がより空間的な制約の厳しい設計となると考えられる。そのため、小型船の機関室は、一旦、そうした厳しい制約をクリアするレイアウトやインターフェースの設計を行なったら、後はあまりカスタマイズの余地がなくなることが考えられる。一方で、

大型船の機関室に関しては、カスタマイズ設計を志向する企業と、標準設計を志向する企業で分かれていた。船体は周辺の補完財との関係からカスタマイズする必要があっても、内部に関しては、コンポーネント知識がある場合、機関室艙装の標準化を試みることも可能であることが考えられた。ただし、製品のサイズの他に、設計の選択に影響を与える可能性がある要因として、生産量やコスト面のプレッシャーも考えられる。しかし、本研究の複数のケース比較からすると、そうした要因があるとしても、なお、結果的に、設計特性に対して製品の物理的な要因が影響する可能性があることが考えられた。

さらに、本研究では日韓造船会社の製品戦略についても検討を加えた。上記は製品単位に焦点を当てた議論が中心であったが、そこからややマクロ的な観点から、企業単位の製品戦略の分析を行なっている。ここでは、船種とサイズ（船型）の2変数で示される各企業の製品ポートフォリオの重心が、2000年代以降、どのようなポジショニングであるかを検討した。すると、近年の製品戦略は、4パターンのポジショニングに大別できた。その中で、近年は韓国企業が設計工数の大きなポジショニングで、日本企業は二手に分かれたうち、設計工数の低いポジショニングの企業の一部が競争力を持っているという、雁行形態論に反する事象がみられた。また、個別の製品サイズに適した設計特性を選択するというよりも、製品ポートフォリオの重心のポジショニングによって設計を選択する可能性が考えられた。実際に、大型船を主力とする企業では小型船でも大型船と同様に設計特性が選択され、逆に小型船が主力の企業では大型船でも小型船と同様の設計特性が選択されていた事例があった。各企業の設計選択は、実際には個別製品の大きさだけでなく、製品戦略の重心に影響されることが考えられた。

このように、船舶の設計においては、取引関係、入手可能な技術、安全・環境面の規制などの知識的制約や社会的制約がほぼ同じ中で、製品の外側は周囲の補完財との相対的な物理的な関係、製品の内側は部品の物理的な関係によって、設計特性の選択が変わることが考えられた。このことが上記2. の問題意識に対する答えたりうると考える。先行研究では、知識的制約や社会的制約からくる、要素の多数性・多様性や要素間の相互依存関係など、複雑性への対応が議論されてきた。これに対し、物理的に大規模な人工物である船舶に注目することにより、本研究は先行研究の中で意外と取り上げられてこなかった、人工物の物理的な規模に関わる問題に焦点を当てた。製品が比較的大型の場合、周囲の補完財との関係が厳しくなり、製品の外側はカスタマイズ設計が選択され、内部は設計選択の余地があった。一方で、製品が比較的小型の場合、周囲の補完財とは比較的自由な関係であることを反映して製品の外側は標準的な設計となり、内部は空間的な制約が厳しい分、部品やサブシステムのレイアウトやインターフェースを一度設計したら、できるだけ標準化が志向されていた。また、製品レベルと戦略レベルで分析単位が異なるので直接結びつけることはできないが、製品戦略の比較分析においても、物理的な要因が設計選択に影響する可能性が考えられた。一見異なる戦略をとりながらも、本研究で検討してきたような製品戦略と設計思想の適合を図った既存企業は、成熟産業の中で依然として競争力を有している可能性が考えられた。このことが上記2. に対応すると考える。

5. 主な発表論文等

既発表の主な研究成果を以下に示す。これまで、造船会社の製品開発の事例研究を中心に論文投稿、学会発表を行ってきた。主に日本及び韓国の造船会社の製品開発戦略に関するヒアリング調査の成果によるものである。加えて、造船、産業機械、銀行、シンクタンク、コンサルティング、マスメディアの実務家との意見交換や取材対応を行った。加えて、所属大学の公開講座への出講や、韓国金属労連幹部の訪日の際の講義も行ったが、これらも学術的な成果発表といえないまでも、研究活動の一環として、社会への成果還元を試みたものである。

〔雑誌論文〕(計 3件)

Mukai, Y., Park Y.W., Hong, P.C. and Shin, G. C. (2019) “The impact of design architecture choices on competitiveness: comparison of Korean and Japanese shipbuilding firms”, *International Journal of Technology Management*, 79(2), 147-164.

Mukai, Y. (2017) “Architectural Strategy in Complex and Large Products: A Case of Shipbuilding Industry in Japan and Korea”, *Perspectives on Global Development and Technology* 16, 587-610.

向井悠一朗 (2016) 「設計組織による製品アーキテクチャの改変：非高付加価値・非先端技術分野における日本企業の製品開発組織」『日本経営学会誌』37, 29-39.

〔学会発表〕(計 1件)

Mukai, Y. (2016) “Designing a large scale product”, ABAS Conference 2016 Autumn, (2016年11月7日, 東京大学)

〔その他〕

(アウトリーチ)

向井悠一朗 (2018) 「日本の造船産業の競争力-ものづくりの視点から-」地域科学研究所公開講座 (2018年10月22日高崎経済大学)

向井悠一郎(2018)「日本造船業の経営戦略(標準船戦略を含めて)」韓国金属労連 造船
関係特別講義(2018年7月28日 國學院大學渋谷キャンパス)(口頭発表)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。