

Title	複雑・大型の製品の開発：日韓の造船産業
Author(s)	向井, 悠一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 28: 499-503
Issue Date	2013-11-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11766
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

複雑・大型の製品の開発―日韓の造船産業

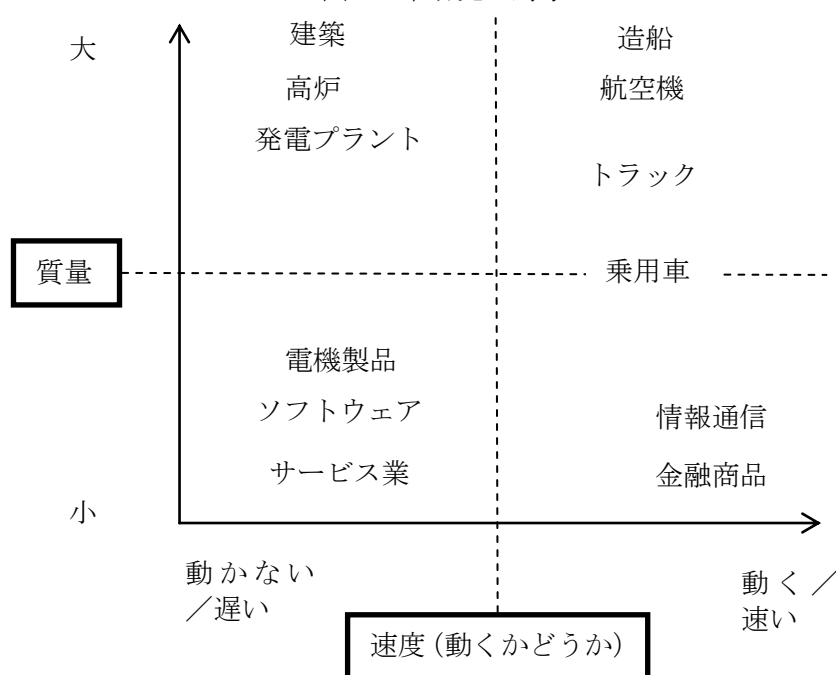
○向井悠一朗（東京大学）

1. 問題意識

従来のイノベーション研究は、量産型の製品の開発を取り上げることが多かった。しかし最近では、安全、環境などの社会的要求のため、製品が複雑化、大規模化することも多くなってきた。このため、そうした製品のイノベーションについて議論を深める必要性が高まってきた。しかし、複雑で大規模な製品のイノベーションに関する理論的・実務的な議論は発展途上であると思われる。イノベーション研究の分野で注目されてきた多い製品アーキテクチャ論では、家電やソフトウェア、生産設備のごく微細な部分など、物理的なエネルギーが存在しない、あるいは小さな事例を取り上げられることが多かった。一方で、とくに質量や速度により巨大な運動エネルギーが発生する製品の場合については、これまであまり注目されてこなかった（図1の右上のセル）。このような条件下にある製品のアーキテクチャに関わるイノベーションはどのようにして実現されるのか、については研究の余地があると思われる。このような巨大な運動エネルギーが発生する製品は、価格が高い、部品点数が多い、製品ライフサイクルや使用期間が長い、一品物として受注設計される、といった複雑で大規模な製品であることが多い。

本研究は、そうした複雑で大規模な製品の一例として造船産業を取り上げる。具体的には、対照的な製品戦略をとる日韓の造船メーカーの船舶の機関室の設計にみられたアーキテクチャル・イノベーションを取り上げる。それぞれのメーカーで起こったアーキテクチャル・イノベーションの際に、造船メーカーとサプライヤーの組織の範囲（作る範囲）と知識の範囲がどのように変化したのかに注目する。これにより、物理的な要素を伴うアーキテクチャル・イノベーションにおける、組織と知識の変化プロセスを明らかにする。

図1 本研究の対象



2. 先行研究

アーキテクチャ・イノベーションに関する議論で、知識に着目したものとして Henderson and Clark (1990) が挙げられる。Henderson and Clark (1990) は、半導体露光装置メーカーの事例を取り上げ、コンポーネント技術は変わらずコンポーネントのつなぎ方が変わるアーキテクチャ・イノベーションに直面した既存企業は、情報フィルターを発達させているために新たな製品アーキテクチャやそれに関する知識の習得が阻害されると述べた。

楠木・チェスブロウ (2001) は既存の製品アーキテクチャに適した組織構造とそれに伴う知識の持ち方 (アセンブラーはアーキテクチャ知識、サプライヤーはコンポーネント知識) が、新たな製品アーキテクチャの変化への対応の障害になると述べた。これを回避するために、アセンブラーも新しいコンポーネント開発を手掛けて新しいコンポーネント知識を獲得しつつ、アセンブラーとして新しいコンポーネントの製品システムへの影響を認識し、それに合わせた新しいアーキテクチャ知識を獲得する必要があるとしている。

柴田・玄場・児玉 (2002) も知識の観点から製品アーキテクチャの変化について述べている。NC システムの事例から、「分断による学習」による知識の蓄積の結果として製品アーキテクチャがモジュラー化する。画期的な要素技術を導入する際にはいったんインテグラル化し、再度「分断による学習」を通じたモジュラー化が起こるという。

このような製品アーキテクチャの変化に関する研究では、物理的な要素が問題とならない事例が取り上げられることが多かった。そして、こうしたイノベーションと組織や知識に関する先行研究の多くは、組織が手がける (作っている) 範囲と知識の範囲が一致することを前提としていた。しかし、製品が大規模化、複雑化するほど、1 企業ではなく複数の企業によって開発や生産される。すると、上記の研究のように 1 社が全てのコンポーネントを手掛け、コンポーネント知識を蓄積することは難しくなると考えられる。

こうした複雑な製品開発や生産に関しては、イギリスのサセックス大学とブライトン大学が共同で設立した「CoPS (Complex Products and Systems) イノベーションセンター」で研究が進められた。Hobday (1998) は、この CoPS を高コスト、高付加価値で、技術集約的な製品やシステムであるとした。そうした製品は産業財に多く、カスタマイズされることが多く、一品設計・生産ないし小バッチになりやすく、製品ライフサイクルが 10 年以上と長期間になる可能性があり、時に製品納入後もイノベーションのプロセスが続き、新しい要素が追加されることがあるという。具体例としては、航空、宇宙、造船、鉄道、建築、土木、発電所などを挙げている。

CoPS 研究の主要なものに Brusoni et al. (2001) がある。Brusoni et al. (2001) は、航空機エンジンのコントロールシステムの油圧時代とデジタル時代の開発を取り上げ、設計・生産の境界と知識の境界が必ずしも一致しないことを指摘した。航空機エンジンのコントロールシステムの油圧時代とデジタル時代の開発を取り上げた。この事例を通じて、設計・生産の境界と知識の境界が必ずしも一致しないことを指摘した。

複雑な人工物は階層構造を用いることで分析可能になると Simon (1969) が指摘し、その後に製品アーキテクチャの概念 (Ulrich, 1995) を用いた議論が盛んになった。さらに、製品やシステムの複雑性に注目した研究も近年試みられるようになってきた (藤本, 2013; Hobday, 1998)。こうした中で、Brusoni et al. (2001) は複雑な製品の開発を事例として取り上げるにより、組織の活動の範囲と知識の範囲を区別して議論することができた。

ただし、Brusoni et al. (2001) では、アーキテクチャの変化プロセスの中で、組織の手がける範囲と知識の範囲がどのような変化をするのかについて踏み込んでいない。自動車や HDD に関しては、製品アーキテクチャの変化プロセスにおける組織の活動の境界と知識の境界のギャップに着目した研究が行われているが (武石, 2003; 具, 2008; 中川, 2008)、CoPS のような大規模で複雑な製品の場合については、これまでのところあまり議論されてこなかった。

そこで、本研究では造船メーカーの事例を取り上げるにより、大規模で複雑な製品の製品アーキテクチャの変化における、組織の手がける範囲と組織の持つ知識範囲の変化を明らかにする。

3. 事例研究

本研究では、日本と韓国の造船メーカーの船舶の機関室におけるアーキテクチャ・イノベーションの事例を取り上げる。製品としての船舶は、一般的に機関室、船殻 (貨物室)、居住部からなる。機

関室に関しては、ポンプやボイラ、発電機などといったコンポーネントの大半は業界標準品であり、船用機器メーカーと呼ばれる外部のサプライヤーで設計・生産される。造船メーカーの機関室の設計は、コンポーネントを外部調達し船体の形状に合わせてレイアウトすることである（具・加藤・向井,2010）。本研究では、コンポーネントをレイアウトして機関室全体をとりまとめるための知識をシステム知識（アーキテクチャル知識）と呼ぶこととする。

以下の日本の A 社、韓国の B 社の事例は、それぞれ機関室の設計エンジニアへのインタビューにもとづいている。

3.1 日本の造船メーカーA社の事例

A 社は複数の拠点でばら積み船を中心に年間数 10 隻生産する、いわゆる「中手」造船メーカーである¹。A 社の近年の営業利益率は 10% 程度となっている。

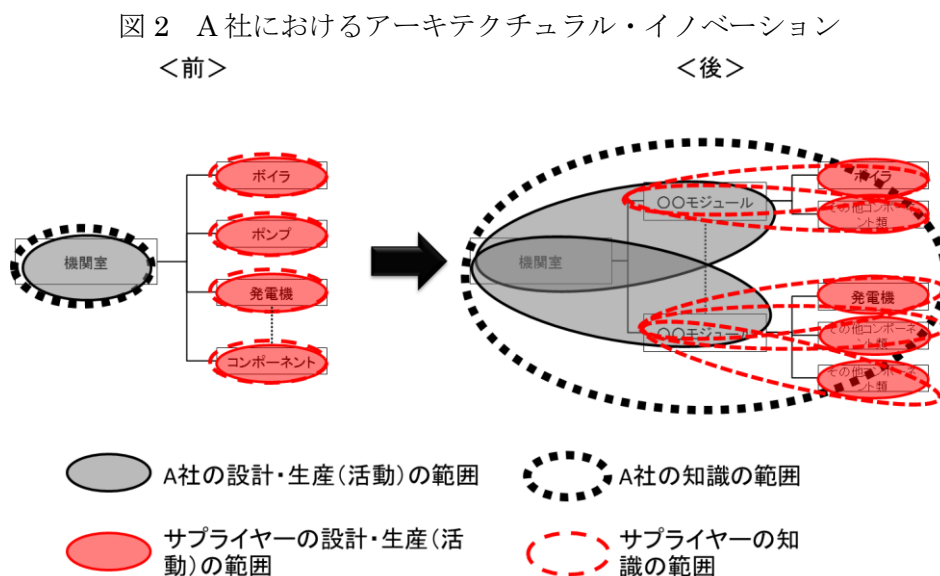
従来の A 社は、上記のように機関室のコンポーネントを外部調達し、1 隻 1 隻異なる船体の形状に合うようにレイアウトを設計していた。しかし、2000 年代以後、生産量が急増したため、こうした従来のやり方では間に合わなくなっていた。

そこで、船体設計の異なる個別の船の間でも、機関室については流用可能なレイアウト設計を行なうことを考えた。具体的には、機関室に求められる機能（具・加藤・向井,2010）ごとにコンポーネントをモジュールにまとめる。モジュールは、コンテナサイズの規格に収まるようにまとめられている（「コンテナモジュール」）。このモジュールをいくつか搭載することによって、機関室が構成される。

従来の A 社の機関室の設計部門は、昔から使っているコンポーネントを組み合わせるにとどまっていた。そのため、機関室全体を作るためのアーキテクチャル知識は持っていたが、コンポーネントに関する知識をあまり持っていなかった。しかし、コンテナモジュールに複数のコンポーネントを収めるという機関室のアーキテクチャの見直しを行なうにあたり、コンポーネント間の相互作用だけでなく、個別のコンポーネントの機能や構造（形状など）に関する技術的な知識も必要となった。

そこで、A 社では船用機器メーカーとコンソーシアムを組むことによって、コンポーネントに関する技術知識を獲得しつつ、共同でアーキテクチャの見直しを行なった。その結果、コンポーネントを外部調達し、まずいくつかのモジュールとして A 社が組み立て、それを船に搭載して機関室を構成するというアーキテクチャに変化した。

この A 社におけるアーキテクチャル・イノベーションと、その前後の組織の手がける範囲と知識の範囲の変化をまとめると以下のように図示できる（図 2）。



※見やすくするために、図は一部簡略化している。

¹ ただし、「中手」とはいっても、「大手」造船メーカーよりも生産量、売上高、利益などは上回っている。「中手」・「大手」の分類については具・加藤・向井（2010）を参照。

3.2 韓国の造船メーカーB社の事例

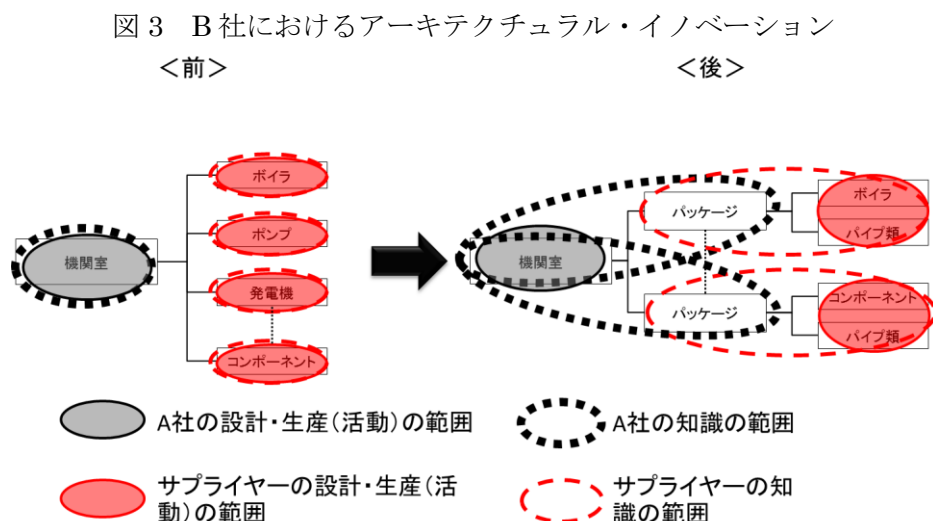
B社はタンカー、コンテナ船、LNG船などを中心に年間数10～100隻程度を生産する、韓国の大手造船メーカーである。さらに、最近ではドリルシップの開発にも力を入れており、B社の生産量の2割以上を占めるようになった。こうした、いわゆる高付加価値船と呼ばれる船種は、ばら積み船と比べると特殊用途であり、はるかに複雑な構造を持っている。2000年代のB社の営業利益率は10%程度である。

従来、B社は機関室の艤装設計を担い、コンポーネントはサプライヤーから調達していた。しかし、A社と比べると、B社は3倍以上の設計人員がいるとはいえ、ばら積み船よりもはるかに設計工数を要する高付加価値船を主力とするために、やはり設計・生産の生産性を向上させる必要に迫られていた。そこで、1990年代から「パッケージ」と呼ばれるモジュールを用いた機関室の設計を行なうようになった。

「パッケージ」には、「単位パッケージ」と「天井パッケージ」がある。ボイラのようなコンポーネントとそれに直接つながるパイプ類（インターフェース）が「単位パッケージ」を構成する。「天井パッケージ」は機関室のデッキの下（各フロアの天井）にパイプを這わせたものをひとまとまりの「パッケージ」としている。複数の「単位パッケージ」と「天井パッケージ」で1フロアを構成し、それが3～5フロア分で機関室全体が構成される。したがって、B社の「パッケージ」は、A社の「コンテナモジュール」と比べると、小さな単位でまとめられているといえる。こうした「パッケージ」の設計データはライブラリに蓄積される。新しい受注が入ると、多少の修正を行ない、機関室の設計に使われる。「パッケージ」の仕切りはB社が担い、詳細設計や生産はサプライヤーが行なう。あるコンポーネントについていうと、船種によって異なるサプライヤーが採用されたり、同じサプライヤーでも異なる仕様の「パッケージ」が作られる。B社はITシステムを使ってリアルタイムでサプライヤーの作業をモニタする。この「パッケージ」の活用により、設計生産性が2倍ほど向上したという。

「パッケージ」採用以前のB社は、機関室の艤装設計のみを担っていたため、アーキテクチャル知識がある一方で、コンポーネント知識をあまり持っていなかった。しかし、「パッケージ」の仕切りを行ない、発注するために、B社は従来よりも機関室の下層のシステムについての知識を持つ必要があった。一方、サプライヤーは、従来は自社で生産するコンポーネントの知識だけあれば十分であった。しかし、いまは納入単位である「パッケージ」をまとめるための知識が必要となっている。

以上のような「パッケージ」の採用というある種のアーキテクチャの見直しに伴う、組織の手がける範囲の変化と知識の変化を整理すると図3のようになる。



※見やすくするために、図は一部簡略化している。

4. まとめ

経営資源も製品戦略も大きく異なる2社を横並びで比較するのは難しいと思われる。A社はばら積み船、B社は多様な高付加価値船を主力としている。そのため、A社の「コンテナモジュール」と比べて、B社の「パッケージ」の方がモジュールとしての単位が小さいという違いにつながっていることが考えられる。しかし、両社とも需要の増加に対して経営資源が逼迫した中で、設計作業の生産性向上のためにアーキテクチャの見直しを行なったという点は共通している。2社の事例はともに、コンポーネントとその配線・配管、レイアウトを見直すきわめて物理的なアーキテクチャル・イノベーションの事例であった。この2社の事例から、メーカーとサプライヤーの双方の知識の範囲が手がける範囲を超えて重複するところに、アーキテクチャル・イノベーションが起こる可能性があることがうかがえた。

従来の研究では、複雑で大規模な製品の開発において、組織の範囲を超えて知識の範囲が広がることが示されていた (Brusoni et al., 2001)。しかし、デジタル化やアーキテクチャの見直しといった根本的な製品技術の変化が起こる間の、組織と知識の範囲の変化については十分に説明されてこなかった。これに対して、本研究は組織と知識の境界のギャップが生まれやすい複雑で大型の製品として船舶を取り上げ、アーキテクチャの変化の中で組織と知識の範囲がそれぞれどう変化するのかに関して検討した。

具 (2008) も、製品アーキテクチャの変化をシステム知識とコンポーネント知識の統合化プロセスとして論じていた。それに加えて、本研究は、製品アーキテクチャの見直しには組織と知識の境界のギャップを生じさせるプロセスを伴う可能性があり、その上でメーカーとサプライヤー双方の知識の範囲が重なり合ったところにアーキテクチャの見直し（新たなモジュールの創出）が起こる可能性を示した。