

査読論文

調整メカニズムとしてのインターフェイスの類型化：
イノベーションとインターフェイス標準の関連性の分析

徳田 昭雄*

要 旨

本稿では、多数のコンポーネントと技術からなるコンプレックス製品システム（CoPS：Complex Product Systems）のイノベーション・プロセスにおいて策定されるインターフェイス標準に着目する。筆者の関心は、イノベーションとインターフェイス標準との関連性の把握にある。ここでは、イノベーションのタイプに応じて「インターフェイス」の類型化を試みる。

本稿で明らかにされたことは、以下の4点である。① CoPSはその性質上、企業の枠を越えたプロジェクト・ベースのオープン・イノベーションを必要とする。② 進化ケイパビリティ論では、オープン・イノベーション（e.g. 生産段階の非集中化）を促す社会制度の多くはインターフェイス標準という外部調整メカニズムとして現れ、動的取引コストを左右する調整メカニズムとして機能するとしている。③ インターフェイス標準は、一方では元来未分割のシステム的な性質をもった CoPS を諸要素に分化させる調整メカニズムとして、他方では外部ケイパビリティを補完的・代替的に CoPS に連結させる調整メカニズムとして機能している。④ イノベーションのタイプと範囲の分類軸によって「インターフェイス」は4つに類型化される。4つの「インターフェイス」とは、すなわちローカル・インターフェイス、インターフェイス標準、可変ローカル・インターフェイス、可変インターフェイス標準のことである。

最後に、上記のインターフェイスの類型化の意義と限界を確認し、今後の研究の方向性を定める。

キーワード：

オープン・イノベーション、システムック・イノベーション、自律的イノベーション、進化ケイパビリティ論、インターフェイス、製品アーキテクチャ

はじめに

- 1 オープン・イノベーションとシステムック・イノベーション
- 2 進化ケイパビリティ論におけるインターフェイス標準
- 3 インターフェイスの類型化

おわりに

* 立命館大学経営学部 准教授

はじめに

次世代の産業社会は、様々なコンポーネントや技術が複合的に組み合わせられて成立するコンプレックス製品システム (CoPS: Complex Product Systems: 以下 CoPS) のイノベーションを要請するようになってきている。それに呼応して、CoPS のイノベーションも垂直統合型企業によって単独で担われるクローズド・イノベーションから、企業の枠組みを越えたオープン・イノベーションに主導されるようになってきている。もちろん、オープン・イノベーションが近年に特有なイノベーションの形態というわけではない。1960年代のアポロ計画に代表されるように、歴史を半世紀以上遡ってオープン・イノベーションの萌芽を見出すことができる。有人宇宙飛行に向けたイノベーションには、多数の企業や研究機関の技術と知識の集結が不可欠であった。しかし、今日のオープン・イノベーションではシステムを構成する要素技術の分野が益々広がりを見せている。例えば、次世代エコ社会の基盤システムとして注目されているスマートグリッドでは、これまで個別に成立していた電力システムや交通システム、情報通信システム等がサブシステムとなって「システムのシステム (system of systems)」を形成している。

そのような産業技術環境下であって今日、オープン・イノベーションが各種要素技術やサブシステムの「自律的イノベーション」を促進するインターフェイスの標準化という動きを伴って進行していることに高い関心が寄せられている。というのも、システムを構成する各要素間のインターフェイスのあり様が、システムのパフォーマンスや諸要素¹⁾の開発・生産にかかわる企業の競争優位を左右するようになってきたからである。

本稿では、CoPS のイノベーション・プロセスにおいて策定される、インターフェイス標準に着目する。筆者の関心は、イノベーションとインターフェイス標準との関連性にある。ここでは、イノベーションのタイプに応じて「インターフェイス」の類型化を試みる。

本稿の構成は次のとおりである。第一に、脱垂直統合によるイノベーション・メカニズムの分析枠組みとして注目されているオープン・イノベーション論と CoPS の関係を、CoPS に特有なイノベーションのタイプとの関わりで整理する。第二に、CoPS のオープン・イノベーションがインターフェイスの標準化を伴って進行している背景を理解すべく、イノベーションとインターフェイス標準の関係を明らかにした新制度派経済学の進化ケイバビリティ論を検討する。進化ケイバビリティ論を取り上げるのは、同論者の代表格ラングロア (Langlois, R. N.) 等が、19世紀末の垂直統合型企業の勃興から20世紀末に始まる脱垂直統合への歴史的な文脈の中で、イノベーションとインターフェイス標準の関わりを理論的に提示しているからである。第三に、諸要素間の関係性を「インターフェイス」との関わりで論じた製品アーキテクチャ論の知見を援用して、「インターフェイス」の類型化を試みる。最後に、本稿で提示される類型

1) 本稿では、「インターフェイス」をもってシステムを構成するサブシステム、モジュール、コンポーネントを総称して、要素とする(引用文は除く)。

の意義と限界を確認し、今後の研究の方向性を定める。

1 オープン・イノベーションとシステムック・イノベーション

本章では、脱垂直統合によるイノベーション・プロセスの分析枠組みとして注目されているオープン・イノベーション論のサーベイを行い、CoPSとオープン・イノベーションとの関係性を把握する。

1-1 「チャンドラー型企業」の終焉

20世紀中葉にかけての重要な産業技術の発現は、欧米の垂直統合型企業によるクローズド・イノベーションによって主導されてきた。この垂直統合型企業は専門経営者のマネジメントによる調整を通じてR&D活動によって産み出された技術の消散リスク（dissipation risk）²⁾を抑えつつ、その一方で高位のスループット（throughput）³⁾技術とそれによる大量生産を維持することで国際的・多角的に規模と範囲の経済性を発揮し、成長を遂げるものとしてモデル化されてきた（Chandler, 1977, 1990；Lamoreaux. et al, 2003；Buckley=Casson, 1976）。

しかし、1980年代後半からグローバルな規模で広がる企業間提携や産官学の連携、コンソーシアムの急増の例が示すように、クローズド・イノベーションの効用は相対的に低減しているように思われる。また、コンピュータ産業にみる垂直統合型の産業構造の終焉や水平分業（非垂直統合）の進展、アウトソーシングの拡大の例が示すように、多角的な垂直統合型企業が主導するモデルだけでは産業の発展を十分に説明できなくなっている（Langlois=Robertson, 1992；1995；Sturgeon, 2002；青木=安藤, 2002）。このような垂直統合化した現代企業を「チャンドラー型企業」と呼び、学会においてはその歴史的通用性について白熱した議論が展開されている（i.e. Langlois, 2003；Lamoreaux, et al, 2003；Sabel=Zeitlin, 2004）。

企業成長のための戦略的提携の創造を訴えたバダラッコ Jr. は、既に1990年代の初頭、著書*The Knowledge Link*（『知識の連鎖』）の中で、垂直統合パラダイムの終焉を次のように描写していた（Badaracco, 1991：iv）。

「かつての企業は、市場という大海に浮かぶマネージャーの調整の孤島であった。だが今日では、こうした見解は時代遅れになっている。企業は今、ベルリンの壁のように何十年にもわたって持ちこたえてきた壁を破壊している。企業のマネージャーは、単に市場と企業からなる世界のみならず、多様な他の組織との複雑な関係からなる世界で現在活動している。」

専門経営者による調整の下、必要な経営資源を全て自ら開発し、所有し、支配し、そこから生み出される製品やサービスを市場で販売するという、いわゆる「チャンドラー型企業」によ

2) 消散リスクとは、多国籍企業論ではライセンスによる海外進出にあたって競合企業による模倣（copy）や迂回発明（invent around）のリスクのことをいう。

3) スループット（throughput）とは、階層組織における最低限の効率的規模を維持するために必要とされる中間財の通量のこと。

るクローズド・イノベーションは色褪せてしまった。こうした企業観の変化が、企業集団や系列取引、ネットワーク組織、戦略的提携、産官学連携、クラスター・モデル、オープン・イノベーションをはじめとする、社外の組織との関係性をも視野に入れて企業活動を分析していく新たな研究領域へと多くの研究者を誘ってきた。

オープン・イノベーション論の研究者であるチェズブローは、クローズド・イノベーションの効用低減の背景として、知識の流動性がグローバルに高まったことやベンチャー資本が登場してそのような知識を活用する企業が生まれるようになったことを上げている (Chesbrough, 2003a; Chesbrough, et al, 2006)。そして、企業にとって垂直統合の必要性が失われており、クローズド・イノベーションからオープン・イノベーションにシフトさせる必要があると説く。また、“Unbundling the Corporation” でマッキンゼー賞を受賞したヘーゲル＝シンガー (Hegel=Singer, 1999) は、文書化された標準仕様に従うことで企業間に互助の関係が芽生えたため、システムを構成する補完財を企業間で簡単に生産できるようになったとする。その結果、専門特化した企業が協調しあう企業ネットワークが形成され、ひいては盤石な地位を確立していた垂直統合型の巨大企業と伍して戦えるようになったという。

そのような専門特化した企業が協調しあう企業ネットワークを「エコシステム (産業生態系)⁴⁾」と称したのがガワー＝クスmano (Gawer=Cusmano, 2002) である。彼らは広範な産業レベルにおける特別な基盤技術の周辺で、補完的なイノベーションを起こすように他社を動かす能力をプラットフォーム・リーダーシップと定義した。プラットフォームは、さまざまな企業によって生産された製品やサービスの1つのシステムの中に存在するあるコア製品にすぎない。しかし、異なる製品やサービスが存在することで、プラットフォーム、そして補完的な製品やサービスはともに、より価値あるものとなる。したがって、プラットフォーム・リーダーシップ戦略を発揮し得る条件とは、ある企業の製品が単独で使用された場合にはたいした価値を生み出さないが、補完製品と組み合わせると価値が増すような場合である。

このように、「チャンドラー型企業」の終焉を唱える言説とともに、オープン・イノベーションやエコシステムといった企業の成長を説明する様々な新しいコンセプトが提起されるようになってきたのである。

1-2 オープン・イノベーション論とは

それでは、オープン・イノベーションとはいったい何なのか。本節では、イノベーションの様態をあらわす新しいコンセプトとして登場したオープン・イノベーション論について、第一にその全体像を把握したうえで、第二に関連する先行研究を取り上げながら、その特徴を明らかにしておく。

チェズブロー等 (Chesbrough, et al, 2006) によれば、オープン・イノベーション・パラダイ

4) 彼らは、プラットフォームと補完製品で構成されるシステムのことを「エコシステム (産業生態系)」と称し、イノベーションはエコシステムに参加する企業のネットワークの中で行われるとする。

ムは、企業内の R&D が製品の社内開発を主導し、その製品を同じ会社が流通させるという従来の垂直統合モデルに対するアンチテーゼになるものである。それは、自社の技術を発展させたいのなら他社の知識も活用できるし、場合によっては積極的に活用すべきであり、また市場への進出にも他社のリソースを活用すべきだということを前提にしたパラダイムにはほかならない。オープン・イノベーション・パラダイムのもとでは、プロジェクトを立ち上げるきっかけとなる知識や技術は社内外どちらでもよい。なおいえば、イノベーションに必要な知識や技術はプロセスの様々なステージで導入することができる、というのが彼らの考え方である。

しかし、このような考え方が殊更、目新しいというわけでもない。たとえば、様々なステージの中でも、特に顧客やユーザーとの関係性に着目して、リード・ユーザーによるイノベーションの活用が企業のパフォーマンス向上をもたらすことを実証している研究や、イノベーションにおけるユーザーと生産者の相互作用（user-producer interaction）の役割に着目した研究、さらにはユーザーと生産者だけでなく流通がイノベーションの主体となり得ることを実証している研究もある。プロジェクトが市場に向かう方法も、他社へのライセンス供与やフランチャイズ方式など他社と提携する仕方もある。

また、チェズブrou等（Chesbrough, et al, 2006）によると殆どの研究では企業レベルでのオープン・イノベーションが検討されてきている。というのも、イノベーションは伝統的に単一の企業の意識的な活動の成果と考えられ、R&D の競争は複数の企業によるイノベーションの競争と見なされてきたからという。しかし従来よりも分散的なイノベーション環境において組織のイノベーション活動を理解するためには、企業レベルだけでなく複数の分析レベルを持つことが必要であると説く。すなわちその分析レベルとは、個人とグループ、組織と企業、バリューネットワーク⁵⁾、産業とセクター、国家体制の各レベルである⁶⁾。

ただし、それぞれのレベルにおけるオープン・イノベーション研究には、既に重厚な蓄積が築かれているように思われる。オープン・イノベーションという言葉を明示的に使用していなくとも、その性質についての言及の多くは、取引を調整する際の知識の役割を重視したハイエク（Hayek, 1937）や、市場でも階層でもない非公式の調整メカニズムを重視したリチャードソン（Richardson, 1972）の分析視角を発展させたものとも読み取れる。

既存研究は、イノベーションの源泉としての個人の知識が組織レベルの知識へと伝播・活用されるプロセスを取り扱ってきた。また、企業間アライアンスや産業クラスターにおいて知識の相互作用が促進されるに着目するなど、様々なレベルのオープン・イノベーション・プ

5) バリューネットワークとは、ある共通するニーズを持つ顧客層と、それに価値を提供する企業群によって構成される機能的な集合体（既存顧客と自社、サプライヤ、流通事業者などからなるネットワーク）のことである（Christensen=Rosenbloom, 1995）。

6) 同書では、筆者によって分析レベルの解釈やそれらを構成する要素が一貫しているとはいえない。たとえば10章では、分析の第一のレベルとして社内ネットワーク、第二は企業レベル、第三は2社以上の対（dyad）レベル（いわゆる企業間提携）、第四は組織間ネットワーク（一企業が織りなす様々な提携関係という意味で）、第五は国家的・地域的なイノベーション・システムの5つの分析レベルが示されている。しかも、第一から第四のレベルについては所謂従来の企業を主体としてイノベーションの分析が重視されている。

プロセスを明らかにしてきた。たとえば、野中＝竹内 (Nonaka=Takeuchi, 1995) は、イノベーションの創造という観点から、そのままではイノベーションに結実しがたい、暗黙でしばしば高度に主観的な洞察や直感や従業員個人々の発見を企業組織レベルで利用するプロセスとして、知識変換のサイクルモデルである SECI モデル⁷⁾ をあらわした。クライン＝ローゼンバーグ (Kline=Rosenberg, 1986) は、企業のイノベーション・プロセスを、川上の R&D 部門で開発された新製品技術が川下の設計部門、製造部門、販売部門へと単線的に進んでいく「線形モデル」としてではなく、様々な専門部門間の相互学習を通じて必要な情報や知識が同期的に生み出されていく「鎖状リンク・モデル (chain-link model)」として描いた。

「ネットワーク型イノベーション・モデル」を提唱した今井 (1990) のように、イノベーションを企業間および産業間の相互学習として捉える研究も豊富である。大企業間の研究組合方式による共同 R&D の研究がその代表的なものである。また、大企業のみならず中小企業のオープン・イノベーションの実態も明らかにされ始めている (e.g. 岡室, 2009)。同じ「ネットワーク型イノベーション・モデル」の中でも、とりわけ地理的な近接性に着目して地域のイノベーション・プロセスを明示的にオープン・イノベーションの観点から分析した研究もある (cf. Cook, 2004, 2005)。

産業集積やクラスター、経済地理研究の分野では、特定地域における集積・クラスタリング効果やネットワーク効果と、諸アクターによるローカルな知識のスピルオーバーとの因果関係が考察されてきた (cf. Breschi=Malerba, 2005)。サクセニアン (Saxenian, 1994) が描いた ICT 産業のシリコンバレーにおける興隆、ポーター (Porter, 1998) の取り上げた産業クラスター、あるいはピオリ＝セープル (Piore=Sabel, 1984) が明らかにしたイタリア中・北西部の専門化された製造業に見られる柔軟なネットワーク等は、そのような事例研究の先駆けである。地理的に集積した企業群や大学、研究機関は、より多くのより優れたイノベーションを生み出すために、それら異質な知識の集合を組織の壁を越えて有利に利用することができる。

国家レベルについても、政府にたいしてオープン・イノベーションを働きかけるような政策的提言やオープン・イノベーションの実態を明らかにした研究に枚挙にいとまがない。もともと国家的イノベーションの研究は、“イノベーションの国家システム” (Lundvall, 1992)、“国家イノベーション体制” (Nelson, 1993) などの呼称を用いながら、国ごとのイノベーションとイノベーションを支援する制度を結びつけようとしてきた。今日では政府資金による産学連携や大学との共同研究などの制度、あるいは研究成果のスピルオーバー効果に焦点を当ててオープン・イノベーションを促進する国家の主体的な役割が言及されるようになってきている⁸⁾。

7) SECI とは、知識の共同化 (Socialization)、表出化 (Externalization) 連結化 (Combination)、内面化 (Internalization) のプロセスをあらわしている。プロセスの内容はそれぞれ、共同体などによって暗黙知を獲得・伝達するプロセス、得られた暗黙知を共有できるよう形式知に変換するプロセス、形式知同士を組み合わせて新たな形式知を創造するプロセス、利用可能となった形式知を基に個人が実践を行い、その知識を体得するプロセスである (Nonaka=Takeuchi, 1995)。

8) イノベーション・システムは、フリーマン (Freeman, 1987) によって提唱された概念である。それは、イノベーションを多様な主体間の相互作用プロセスとして捉えている。そこでは、企業は単独ではイノベティブ

以上のような様々なレベルの研究蓄積を前にすると、企業レベルだけでなく分析レベルを複数持つておくというチェズブロウ等の指摘それ自体に、ことさら目新しさがあるわけではなさそうである。しかも、彼ら自身、複数の分析レベルが重要であるとしながらも、具体的にそのような枠組みを用いて、ひとつのオープン・イノベーションを重層的に分析しているわけではない。また、オープン・イノベーションはクローズド・イノベーションと対峙する型として提示されているに過ぎない。いつ何をどの程度、いかなる条件下でオープンにすべきかについて、多くのことが語られないままである。

しかし、「社外を重視しながら、イノベーション・プロセスを様々なレベルから重層的に分析する」という彼らの分析スタンスは、オープン・イノベーションの理解を深めるにあたって有益であることに変わりはない。

1-3 CoPS とイノベーション・プロセス

ホブデイ（Hobday, 1998a, b）やドシ等（Dosi, et al, 2003）によれば、イノベーションのプロセスや組織形態、調整メカニズムの形成は製品の性質によって大きく規定される。本節では、これまで考察してきたオープン・イノベーションと、多数のコンポーネントと技術からなるコンプレックス製品システム（CoPS）との関係を整理する。

CoPS のイノベーションをマス・プロダクション製品のそれと比較したのがホブデイ（Hobday, 1998a, b）である。ホブデイは、マス・プロダクション製品と区別される CoPS の4つの性質を明らかにしている。それは、①多くのカスタマイズされ相互に連結した要素からなる高価で階層的な製品（high cost hierarchical goods）、②一社以上で協働する多くの組織が参加するプロジェクトにおいて生産される製品、③システムのある部分的変化が他の部分に大きな変化をもたらす製品、④ユーザーの参画程度が高く、それを通じてユーザー・ニーズが直接的にイノベーション・プロセスに反映される製品の4点である⁹⁾。そして、マス・プロダクション製品に比して、CoPS のイノベーション・プロセスの調整が困難である理由のひとつに「組織間の事前のプロジェクト・ベースの協働」が必要であることを上げている。それは、CoPS の開発と生産について仔細にわたって異なるタイプのサプライヤ、ユーザー、規制当局、専門機関の合意をとりつけるための時限的なプロジェクトである。時限的なプロジェクトは、市場の立ち上げ、企業間の意思決定の調整、プロジェクトへの買い手の参画、技術的・資金的資源の配分に責任を持つ。そして設計やアーキテクチャに関する知識を伝達し、多くのサプライヤのもつ独自の資源やノウハウ、スキルを連結するために存在する（Hobday, 1998b: 21）。CoPS は、企業の枠を越えた

たり得ないことを強調するがゆえに、企業間、あるいは大学、研究所、政府機関、金融制度との共同的・集団的（collective）相互作用プロセスとしてイノベーションが描かれている。

9) 製品の性質、とりわけ CoPS とイノベーション・プロセス、組織形態、調整メカニズムの相関関係を考察したホブデイは、CoPS を「一社、一生産単位、一企業グループないし時限的一プロジェクト・ベース組織（a temporary project-based organization）によって供給される、高コストでエンジニアリング集約的な製品、サブシステム、システムもしくは構造物」と定義している（Hobday, 1998b: 2）。

プロジェクト・ベースのオープン・イノベーションを必要とする。製品の性質上、関わる企業が広範に及ぶことが、CoPSのイノベーション・プロセスの調整を困難にしているのである。

加えてホブデは、CoPSの調整が困難な理由のひとつに「システムのある部分的変化が他の部分に大きな変化をもたらす」ことを上げている (*Ibid*:16-18)。すなわち、個別のコンポーネントや技術のイノベーションの影響がCoPS全体に及ぶシステムック (systemic) なものになるということである。システムック・イノベーションとは、企業が組み込まれている事業システムの別の部分にまで大きな調整を加えなければならない性質のイノベーションである (Teece, 1986; Chesbrough=Teece, 1996)。システムック・イノベーションは、関連する補完的イノベーションとともに実現されるため、相互依存する要素やアクティビティを調整するコストが指数関数的に増大する¹⁰⁾。しかも、今日のシステムック・イノベーションはあまりに規模が大きく複雑なので、もっともすぐれた統合力を持つ大企業でも単独による管理は難しくなっている (De Laat, 1999; Kano, 2000)。したがって、システムック・イノベーションは益々オープン・イノベーションのプロセスを必要としている (Chesbrough, 2003b; Maula, et al, 2006)。製品の性質上、関わる企業が広範にわたり、それらが相互に依存していることがCoPSのイノベーション・プロセスの調整を困難にしているのである。

かつてティース (Teece, 1984, 1988) は、イノベーションの及ぶ範囲が一企業内でおさまらないシステムック・イノベーションは、調整が大変であるがゆえに統合的に管理されるべきであると指摘した¹¹⁾。しかし、システムック・イノベーションにおいて企業が垂直統合を選択する余地は多くない。そのような背景から、自社内のみならずサプライヤ、大学、規制当局等、関連するアクターの様々なアクティビティの調整を行うシステム・インテグレータの役割がロスウェル (Rothwell, 1992) によって強調してきたし、アーキテクト (Chesbrough, 2003)、プラットフォーム・リーダー (Gawer=Cusmano, 2002) などの呼称によって、このような企業の役割が明らかにされてきたのである。

ただし、企業レベルのシステム・インテグレータに焦点に当てた分析だけでは、複雑化・大規模化するCoPSのイノベーション・プロセスの全体像を把握することが困難になってしまった。いまやCoPSのイノベーションは、個人や事業部、企業、産業の枠を越えて国家や超国家各レベルの複数のインテグレータによる複雑な調整プロセスを経なければならなくなっている。「社外を重視しながら、イノベーション・プロセスを様々なレベルから重層的に分析する」というオープン・イノベーション論の提示した分析視角が評価されるのは、以上のような背景による。

10) CoPSは製品の性質上、設計・開発・統合・生産のために、生産者が複数の技術領域において能動的であることを求めるのである (Dosi, et al, 2003: 96)

11) このような主張とは異なり、垂直統合せずとも企業間連携とシステム知識の獲得とを基軸とする事業範囲を越えた技術統合によってシステムックなタイプのイノベーションに対応可能なことを示した経営学分野の事例研究として、武石 (2003)、Brusoni=Prencipe (2001a, b)、Brusoni=Prencipe=Pavitt (2001)、武石・青島 (2002)、Gawer=Cusmano (2002)、中川 (2008) を参照されたい。

2 進化ケイパビリティ論におけるインターフェイス標準

システム・インテグレータと並んで、CoPSのイノベーション・プロセスの調整役として注目されているのが、外部調整メカニズムとしてのインターフェイス標準である。本章では、CoPSのオープン・イノベーションがインターフェイスの標準化を伴って進行している背景の理解に努める。そのために、イノベーションとインターフェイス標準の関係を明らかにした新制度派経済学の進化ケイパビリティ論を検討する。進化ケイパビリティ論を取り上げるのは、同論者の代表格ラングロア（Langlois, R. N.）等が、19世紀末の垂直統合型企業の勃興から20世紀末に始まる脱垂直統合への歴史的な文脈の中で、イノベーションとインターフェイス標準の関わりを理論的に提示しているからである。

2-1 システミック・イノベーションから自律的イノベーションへ

CoPSに特徴的なシステミック・イノベーションは、自律的イノベーション（autonomous innovation）を対概念とする。自律的イノベーションとは、他の段階との調整を必要とせずにある生産段階における変化が進展していくものである（Langlois=Robertson, 1995: 151）。これらの概念は、「市場と組織」の境界のあり様の理論化を試みる、新制度派経済学の進化ケイパビリティ論にて明示的に取り扱われてきた。進化ケイパビリティ論者の代表格ラングロアは、20世紀末に始まる企業の脱垂直統合の動向を、企業から市場への資源調整メカニズムの回帰と捉えた。そして市場への回帰を「消え行く手（vanishing hand）」と称して、「消え行く手仮説」を提示した¹²⁾。「消え行く手仮説」とは、市場の発達が進むにつれ、資源の調整メカニズムはスミスの見えざる手（invisible hand）からチャンドラーの見える手（visible hand）へ、そして消え行く手へと変化するというものである。この消え行く手にかかわって、市場の自律的イノベーションを促す調整メカニズムとして現れてきたのがインターフェイス標準である。

上述のラングロアを代表とする論者等は、企業が垂直統合を行うようになるのは、市場には動的取引コスト（dynamic transaction cost）が発生するからであると主張する。動的取引コストとは、経済変化やイノベーションに直面した際に外部のサプライヤにたいして、説得、交渉、調整、そして教示するコスト（Langlois=Robertson, 1995: 37）¹³⁾、あるいは組織化されずしばしば暗黙的な知識をサプライヤに伝え、企業家のビジョンを共有も理解もしていない独立した資産の保有者を説得するコストのことである（Langlois, 2004 a: 361）。動的取引コストが高くなる場合として、彼らは企業がシステミック・イノベーションに直面した時を指摘する。システミック・イノベーションとは、多数の生産段階にまたがって遂行されるもので、各々の

12) この仮説に対しては様々な批判的検討がなされているが（e.g. Lamoreaux, et al, 2003: Sabel=Zeitlin, 2004）、それら相互の検討内容については、谷口（2006）、渡部（2007）を参照されたい。

13) 同書の別の箇所では「必要とするときに、必要なケイパビリティをもたないことに起因する費用」として、特に「動的ガバナンス費用」と称するべきかもしれないという。適時必要なケイパビリティを持たないということは、内部組織の費用にもなり得るからである。（Langlois=Robertson, 1995: 35）。

段階で修正を要し、またそれらの段階での調整を要するものである。関連した生産段階の間に高位の相互依存性がある場合、そしてある生産段階における変化が単一ないし複数の他段階における変化を同時に必要とする場合、段階間の調整を実現するコストは極めて高くなる (Langlois=Robertson, 1995 : 37)。

市場を支援する既存の制度 (existing market-supporting institutions) が新技術と新しい収益の機会のニーズにとって不十分であるときに、システミック・イノベーションの動的取引コストは高くなる (Langlois, 2003 : 353)。そもそも、イノベーションの実現にあたってニーズを伝達する市場自体が存在しない。生産段階間の調整をサポートする既存の制度も存在しない。ゆえに、生産活動の調整にあたっては市場よりも内部組織が優位性を持ち、企業は垂直統合を行うようになるというのが進化ケイパビリティ論者のロジックである (Langlois=Robertson, 1995 : 36-38)。

しかし、20世紀後半までの歴史的な時間経過は、市場の密度 (thickness of markets)¹⁴⁾ を高め、バッファリングの緊急性 (urgency of buffering)¹⁵⁾ を低下させたとラングロアは指摘する (Langlois, 2003 : 353)。市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度の進化が、動的取引コストを低減させたというのである。その結果、階層組織による管理的調整の市場に対する相対的優位性が低減した。そして、資源の調整メカニズムは市場に委ねられるようになっていった。ここでラングロアは、企業を脱垂直統合化に向かわせる (動的取引コスト低減の) 要因、つまり市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度のひとつとして、生産段階間の公式的インターフェイス (formal interface) を通じて規定される生産のモジュラー化をあげている (Langlois, 2003 : 355)。公式的インターフェイスによって分解されたシステムでは、モジュール間の相互作用は最小限に抑えられる。仮に環境の不確実性に直面してひとつのモジュールが変化しても、システム全体の破壊につながらないように公式的インターフェイスがバッファリングの役割を果たすという¹⁶⁾。このような、システミック・イノベーションにおける調整コストを削減し、市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度としての公式的インターフェイスを、筆者はインターフェイス標準と称する。

14) 市場の密度の高さは、市場取引をサポートする制度の進化の程度を示す。それを構成する要素は、技術、人口、所得などから成り立つ外的な環境変数の総体である。たとえば技術の変化が効率的生産の最小規模を引き下げた結果、動的取引コストは低減し (Langlois, 2003: 379)、生産工程の通量を確保する“チャンドラー型企業”の必要性が低くなった。

15) バッファリングの緊急性は環境の変化や不確実性を緩める必要性の緊急度を示す。19世紀末に技術の進歩が起り規模と範囲の経済性が実現可能になった。しかし、市場にはそれを可能にするだけのケイパビリティが無かった。これらの経済性を実現するに足る通量 (thorough put) を安定的に確保するために、企業は買い手と売り手を統合して、経営者の見える手による不確実性のバッファリングが行われるようになった。

16) ラングロアは、トンプソン (Thompson, 1967: 20) の命題「合理性の規範に従い組織は、コア・テクノロジーをインプットとアウトプットの構成要素で取り囲むことにより、環境からの影響をバッファしようとする」に基づき、バッファリングの形態として在庫や予防的保守のほか、サイモン (Simon, 1962) のシステム分解 (system decomposition) の概念がバッファリングと結びついているとする。分解された部分間、あるいはモジュール間の相互作用は最小限になり、公式的なインターフェイスを通じて規定される (Langlois, 2003, : 354-355)。

2-2 自律的イノベーションとインターフェイス標準

システムック・イノベーションとは対照的に、自律的イノベーションが市場で活発に行われているとき、垂直統合型の企業は、より専門化した垂直非統合型（more specialized, vertically disintegrated）の企業に取って替わられる。生産段階の非集中化（decentralization）は、市場の範囲に依存する。同時に、市場の範囲は専門化と交換をサポートする制度に依存する。そのような制度の中でも特に重要な形態が、標準（standards）である¹⁷⁾。非集中化の程度は、高い調整コストがかからないように生産段階を「別個の手」に配置してすっきり切り分ける能力、すなわち、その能力によって生産段階間のインターフェイスを予めどの程度まで規定しておくことができるのかに因る。ラングロアは、生産段階の分化が進むもっとも端的なケースとして、標準化されたインターフェイスが製品をモジュラー・システムに転換する場合を上げている（Langlois, 2003 : 374）¹⁸⁾。

それでは、標準化されたインターフェイスが製品をモジュラー・システムに転換する場合の利点とは何か。ラングロア（Langlois, 2003 : 374-376）では、市場での交換を支援する場合と市場の範囲の拡大をもたらす場合についてそれぞれの利点が上げられているが、それらは以下のようにまとめられる。

市場での交換を支援する制度については、モジュラー・システムの需要面における利点としてマス・カスタマイゼーションが上げられている。マス・カスタマイゼーションとは、パーソナライズされた製品を手ごろな値段で供給することである（Duray, 2002）。それは、製品の多様性と低い生産コストという相互排他的な関係を克服してくれるように見える（Pine, 1993; Pine, et al, 1995）¹⁹⁾。インターフェイス標準を使って構成要素とシステム全体の商品価値を分離させることによって、一方においては主要要素の選択肢を限定して諸要素の大量生産によるコスト削減を実現しつつも、他方においては諸要素の自由な組み合わせによるシステムのバリエーション拡大を同時に追求することが可能になる。組み合わせの多様性を確保することで、顧客ニーズという需要面での不確実性が緩和されるわけである。そのほか、需要面における別の利点として「汎用的な専門家（general specialist）」の出現による需要面での不確実性の緩和が上げられている。汎用的な専門家とは、エレクトロニクス業界においてあらゆる電子装置の組み立てに専門化したEMS（Electronic Manufacturing Service）に携わる企業や、製薬業界において臨床試験に専門化した企業に代表されるように、ある要素の生産に専門特化した企業（専門家）であっても、インターフェイス標準を使って様々なアプリケーションに向けて汎用的に要素の販路を拡大することが可能な企業のことである。これによって、特定の製品やブランド

17) そのような制度の他の例として Langlois (2003) は、保証されかつ譲渡可能な財産権を指摘している。

18) ただし青島・武石 (2001 : 39) は、モジュラー化とはインターフェイスの集約化とルール化の二つの独立した次元から構成される概念であるとして、インターフェイスの標準化をもって即モジュラー化と呼ばないとしている。

19) モジュラー化には需要サイドの不確実性をバッファリングする効果があることを最初に指摘した研究者の一人がスター (Starr, 1965) である。

に縛られることなくポートフォリオの効果的な多様化が可能になり、高位の通量が促進される。他方、モジュラー・システムの供給面における利点としては、1920年代に米国にて自動車のスベア部品の市場が拡大したように、標準化による部品やサービスの品質安定が上げられている。標準化による品質の安定化は、質のばらつきとなって顕在化する要素市場の不確実性を減らして、製品やサービスの流動性を高める効果をもたらすのである。

市場の範囲の拡大を支援する制度については、モジュラー・システムの利点として、「チャンドラー型企業」のような、もっぱら内部ケイパビリティに制限されることなく、広く経済全体の外部ケイパビリティのオープンな調達が容易になることが上げられている。この外部ケイパビリティには、潜在的な取引相手の数だけでなく、市場参加者の利用可能な累積したスキル、経験、技術が含まれる。さらにモジュラー・システムについて言えば、代替の経済 (economies of substitution) ないし範囲の外部経済 (external economies of scope) を創出することによって、広く市場から最良のモジュールを利用することができる。代替の経済とは、「見た目はかなり奇妙かもしれないが、メルセデス用のフェンダーをトヨタの自動車にも利用できることから生じる経済性 (ラングロア, 2009: 14)」であり、システム設計者が他の要素を変更することなく特定システムにおける構成要素を置換・代替することから生まれる経済性である (Garud=Kumaraswamy, 1993, 1995)。また範囲の外部経済とは、補完的ケイパビリティをコントロールする主体間の集権的な調整に代わって自社のケイパビリティの範囲を狭めて深化を図るべく集中化を行うとともに、他社とは独立にシステムの部分的な構成要素を改良していくことから生まれる経済性である (Langlois=Robertson, 1995)。言い換えるならば、市場の範囲を拡大させる契機としてのモジュラー・システムとは、インターフェイス標準を通じて企業が内部ケイパビリティの連結のくびきから自らを解放し、市場から最良の補完的ケイパビリティと代替的ケイパビリティを調達するためのシステムのことである。要するにモジュラー・システムは、インターフェイス標準によって媒介された分業に基づく協業の社会化された形態といえる。

以上のように、生産段階の非集中化を促す社会制度 (social institution)²⁰⁾、その多くは標準という外部調整メカニズムとして現れる (*Ibid*, 374)。インターフェイス標準は、動的取引コストを左右する調整メカニズムとして機能する。調整メカニズムとしてのインターフェイス標準は、一方では元来未分割のシステム的な性質をもった CoPS を諸要素に分化させる (専門化と交換を支援する) 調整メカニズムとして、他方では外部ケイパビリティを補完的・代替的に CoPS に連結させる調整メカニズムとして、階層や市場における調整機能を補完しているのである。

元来システム的な性質をもつ CoPS、しかも、ますますオープン・イノベーションのプロセスを要する CoPS の調整コストは計り知れない。だからこそ、外部調整メカニズムとしての

20) ラングロアは、そのような制度を汎用技術 (general purpose technology) と捉えている。

インターフェイス標準を利用して、できる限り調整コストの削減を図る誘因が生じる。とりわけ CoPS が一回限りの利用を目的とした製品システムとしてではなく、外部ケイパビリティを活用してシステムの将来的な拡張性や諸要素の移植性の向上を視野に入れた時、インターフェイス標準はますますその効力を発揮することになる。このことが、今日のオープン・イノベーションが自律的イノベーションを促すインターフェイスの標準化に伴って進行している背景になっている。

3 インターフェイスの類型化

前章まで、筆者は製品の性質とイノベーション、そしてインターフェイス標準の関係を考察し、CoPS のオープン・イノベーションがインターフェイスの標準化を伴って進行している背景の理解に努めてきた。そうすると、筆者の次なる課題は、元来システミックな性質をもった CoPS のイノベーションを、いかにインターフェイス標準を策定して自律的な性質に変えていくことが出来るのか、その投企的かつ動態的プロセスを考察することになる。しかし、この課題については稿を改めて検討することにして、本章では、この動態的プロセスの考察という本来の課題に着手するための前提の枠組みを提示しておく。その枠組みとは、イノベーションのタイプとインターフェイスの適合関係を表した静態的モデルである。モデルの提示にあたっては、諸要素間の連結と作用の仕方を規定するインターフェイスとの関わりで製品システムを類型化した製品アーキテクチャ論の知見を援用する。そして、イノベーションのタイプ（システミック／自律的）とイノベーションの影響が及ぶ範囲（クローズド／オープン）を分類軸とするインターフェイスの類型化を行う。

3-1 製品アーキテクチャ論とインターフェイス

インターフェイスは、コンポーネント間の連結と作用の仕方を定める規定にほかならない（Parnas, 1971 ; Baldwin=Clark, 2000）。構成要素間のインターフェイスの特性に着目して製品システムのアーキテクチャを区別し、製品アーキテクチャと組織アーキテクチャや産業構造の適合関係を明らかにしてきたのが製品アーキテクチャ研究である（Ulrich, 1995 ; Ulrich=Eppinger, 1995 ; Göpfert, 1998, Baldwin=Clark, 2000 ; 藤本・武石・青島, 2001）。

製品アーキテクチャは、物理的な構成要素間のインターフェイスの特性によってモジュラー・アーキテクチャとインテグラル（統合）・アーキテクチャに区別される²¹⁾。モジュラー・アーキテクチャの製品は、コンポーネント間のインターフェイスが非連結化（de-coupled）さ

21) 論者によってモジュラー化の定義は異なる。Ulrich は、機能に基づきモジュラー化を定義している。ここで製品アーキテクチャとは、製品の機能要件が物理的要素群に割り当てられた体系（scheme）であり、それは（1）機能的要素の配置（arrangement）、（2）機能的な要素の物理的なコンポーネントへの照応（mapping）、（3）作用しあう物理的コンポーネント間のインターフェイス仕様によって定義される（Ulrich, 1995 : pp. 419-422）。他方、Baldwin=Clark や青木は、構造に基づきモジュラー化を定義している。青木（2002）は、ひとつの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れうる半自律的なサブシステムに分解することをモジュラー化としている。

れ、インテグラル・アーキテクチャの製品は連結化 (coupled) されている (Ulrich, 1995 ; Brusoni=Prencipe, 2001 a)。青島・武石 (2001) によれば、システムを構成する要素間の相互関係のうち、相対的に無視できる部分をルール化されたインターフェイスで連結しようとする戦略がモジュラー化である。その結果、システムは相対的に独立な構成要素群の集合体として認識されるといふ。それに対して統合化とは、要素間の複雑な相互関係を積極的に許容して、相互関係を自由に開放して継続的な相互調整にゆだねる戦略である。その結果、システムは構成要素が複雑に関連したものとして認識されるようになるという。

ここでは「インターフェイス」を「2つ以上の異なる要素 (自律的に意思決定を行い活動するもの) が協働するために要素間の相互作用を規定するものであり、要素の相互作用に関わる行動のみに影響を与えるもの」と定義する。そして、インターフェイスのうち、固定された後に不変なインターフェイスと可変的なインターフェイスを区別し、前者をインターフェイス、後者を可変インターフェイス (variable interface) とする²²⁾ (以下では、一般用語としてのインターフェイスには括弧つきで「インターフェイス」と表記し、定義したインターフェイスと区別して用いる)²³⁾。インターフェイスと可変インターフェイスは両者とも、少なくとも一旦は固定された「インターフェイス」であることに変わりない。固定された「インターフェイス」によって、要素間の相互作用が規定され、製品システムが構造化される。両者の違いは、インターフェイスは要素間の固定的な関係が永続的である。ゆえに、要素は自律的であり、インターフェイスを汎用的に利用しやすい特徴を有する。これに対して、可変インターフェイスは固定的な関係が断続的である。ゆえに可変インターフェイスは、要素の自律性やインターフェイスの汎用性は限定的であるものの、権限 (Milgrom=Roberts, 1992) や交渉に²⁴⁾ (Casson, 1997) よるフィー

22) 末松 (2005) は、インターフェイスを「主体 (自律的に意思決定を行い活動するもの) 間のトランザクションを規定するものであり、主体のトランザクションに関わる行動のみに影響を与えるもの」と定義した。彼は、インターフェイスが唯一無二の製品を対象としているとき (その場限りのインターフェイス)、アドホック・インターフェイスとして通常のインターフェイスと区別している。インターフェイスで規定されている部分をベースにした相互作用による例外が生じる場合、たとえば階層組織においては、インターフェイスで規定されない部分を、上位のマネージャーが調整を行う権限を行使してアドホック・インターフェイスを決定している。この場合、主体は常に上位権限に依存しなければならず、モジュールの条件となる自律性は完全に欠落するという。これに対して、インターフェイスは、ある特定の個別のケースを対象にしたものではなく、汎用的 (2種類以上) 長期的 (2回以上) な様々なケースに対応でき、主体の最低限の自律性を担保にしたものでなければならないとする。ゆえに、アドホック・インターフェイスが比較的自由に再変更が可能であるのに対して、インターフェイスはネットワーク外部性を考慮して固定化が不可欠であるとされている。本論では、末松 (2005) のアドホック・インターフェイスの概念のうち、変えることが可能 (変えなくてもよい) で永続的ではないが固定的な「インターフェイス」を可変インターフェイスとして取り扱う。そして権限を発動しなければ相互作用が生じず、固定された規定 (「インターフェイス」) では捕捉することのできない調整メカニズムと区別する。そのような調整に委ねる場合、要素間の関係は「インターフェイス」を持たないこと、すなわち「統合」による調整という選択肢も視野に入ってくる。

23) ラングロアの言う技術的なインターフェイスにサポートされた市場に対して、セイベル=ザイトリン (Sabel=Zeitlin, 2004) が主張する日本的生産システムに特徴的なアセンブラーとサプライヤ間の密な情報交換を通じたインターフェイス仕様の絶え間ない改善 (再定義) によってシステム最適化を可能にする企業間の組織学習が、可変インターフェイスの典型的な事例である。ただし、ラングロアのいう技術的なインターフェイスにサポートされた市場には、セイベル=ザイトリンが言うような企業間の継続的關係、信頼、豊富な情報の移転も含んでいる (Langlois, 2003 : 351)。

24) 交渉を通じた調整によって伝達される情報の質に問題があれば、隣接する段階の所有権は統合される。同様

ドバックが可能な利点を活かして、システム全体の最適化に適合的な特徴を有する²⁵⁾。状況がより変動的で予測が難しい場合に有用であり（March=Simon, 1958）、固定後にもシステムの構築に向けた継続的な「相互学習」が促進されやすい。

ところで、製品アーキテクチャ論では「インターフェイス」の広がりをもう一つの軸として、製品システムをオープン・アーキテクチャとクローズド・アーキテクチャに分類している（e.g. 國領, 1995, 1999；藤本, 2001, 2003）。ラングロアが指摘しているように、生産段階の分化が進むもっとも端的なケースは、標準化されたインターフェイスが製品をモジュラー・システムに転換する場合である（Langlois, 2003：374）。ラングロアは暗に企業の枠を越えて社会化されたインターフェイスを標準とみなしているが、製品アーキテクチャ論では、そのようなインターフェイスを持つ製品をオープン・アーキテクチャとして企業内でインターフェイスが完結するクローズド・アーキテクチャの製品と区別している。

3-2 イノベーションとインターフェイスの類型

以上のような要素間の関係性に着目した「インターフェイス」の区別は、もちろん前節にて筆者が考察したイノベーションの分類と対応している。

自律的イノベーションとは製品を構成する要素の変更の影響がその範囲にとどまるイノベーションのことである。それは他の段階との調整を必要とせず、ある生産段階における変化が進展していくものといえよう（Langlois=Robertson, 1995）。ゆえに自律的イノベーションには、インターフェイスの設定をともなうモジュラー型製品システムが適合的である。要素間にインターフェイスを設けて要素内部を抽象化し、他の要素を気にすることなく個別要素の変更が可能な場合に自律的イノベーションから最も効果的に便益が引き出される²⁶⁾。したがって自律的イノベーションには、その影響が企業内に及ぶものか企業間に広がりをもつものか（クローズドかオープンか）を問わず、インターフェイスの設定が有効である。

他方、システムック・イノベーションとは、製品を構成する要素の変更の影響が製品全体設計にまで及ぶイノベーションのことである。それは、多数の生産段階にまたがって遂行されるもので、各々の段階で修正を要し、またそれらの段階での調整を要する（Langlois=Robertson,

にラングロアは、分散する能力（competences）との関わりで異なる能力を統合する方法として、ひとつの企業内にそれらを集めること、複数の企業に分散している能力を、契約を通じて統合することを指摘している（Langlois, 2004: 18）。

25) ただし、「インターフェイス」が固定される前後のプロセスを考慮した時、インターフェイスはシステム設計者の設計思想や調整プロセス次第では、冗長性があまりなく、非常に限定された自律性や汎用性しか発揮できないものに永続的に固定されてしまう場合もあり得る。他方、可変インターフェイスはシステム設計者の設計思想や調整プロセス次第では、システムの全体の最適化に向けて可変インターフェイスから冗長性を出来る限り排するものに進化する場合もあれば、新しく連結を望む潜在的な諸要素との調整を通じて可変インターフェイスに冗長性を付加して、益々高い汎用性を志向するかのような性格をもつものに進化する場合もあり得る。

26) インターフェイスは局所的調整を容易化する。それは、情報処理や伝達の費用節約と、専門化の利益をもたらす（青木, 2002）。

1995)。ゆえにシステミック・イノベーションには、可変インターフェイスの設定をともなうインテグラル型製品システムが適格的である。可変インターフェイスの設定による要素間の断続的な調整を通じて製品全体の最適化が可能な場合に、システミック・イノベーションから最も効果的に便益が引き出されるのである²⁷⁾。したがってシステミック・イノベーションには、その影響が企業内に及ぶものか企業間に広がりをもつものかを問わず、可変インターフェイスの設定が有効である。

イノベーションのタイプと範囲に適合的な「インターフェイス」を表したものが図1である。ここでは、自律的イノベーションが企業内で完結するのか企業間に及ぶものかによって、それぞれローカル・インターフェイスとインターフェイス標準に区別している。同様に、システミック・イノベーションが企業内で完結するか否かによって、それぞれ可変ローカル・インターフェイスと可変インターフェイス標準に区別している。

図1 「インターフェイス」の類型

	システミック・イノベーション	自律的イノベーション
クローズド (企業内)	可変ローカル インターフェイス	ローカル・インターフェイス
オープン (企業間)	可変インターフェイス標準	インターフェイス標準

出所) 筆者作成

おわりに

以上、CoPSのイノベーション・プロセスにおいて設定されるインターフェイス標準に着目し、イノベーションとインターフェイス標準の関連性の考察を通じてイノベーションのタイプに応じた「インターフェイス」の類型化を行ってきた。本稿で明らかにされたことは、以下のように要約される。

- ・ CoPSはその性質上、企業の枠を越えたプロジェクト・ベースのオープン・イノベーションを必要とし、その調整コストは計り知れない。だからこそ、外部調整メカニズムとしてのインターフェイス標準を利用して、できる限り調整コストの削減を図ることが有効である。

27) 可変インターフェイスは製品システムを全体的最適化する。青木(2002)は、局所的調整の容易化と全体的最適化の犠牲というトレードオフを内包するものとして連結ルールの標準化を捉えている。

- ・ 進化ケイパビリティ論では、オープン・イノベーション（生産段階の非集中化）を促す社会制度の多くはインターフェイス標準という外部調整メカニズムとして現れ、動的取引コストを左右する調整メカニズムとして機能するとしている。その機能とは、元来未分割のシステミックな性質をもった CoPS を諸要素に分化させる調整メカニズムと、外部ケイパビリティを補完的・代替的に CoPS に連結させる調整メカニズムのことである。
- ・ イノベーションのタイプと範囲を分類軸とする「インターフェイス」の類型化によって提示された4つの「インターフェイス」とは、すなわち①ローカル・インターフェイス、②インターフェイス標準、③可変ローカル・インターフェイス、④可変インターフェイス標準である。

最後に、本稿で提示された類型の意義と限界を確認し、今後の研究の方向性を定めておく。本稿ではイノベーションと「インターフェイス」の関係性を考察し、インターフェイスの類型化を試みた。ここで自律的イノベーションが外部調整メカニズムとしてのインターフェイス標準によって促進され様々な経済的メリットが期待できるにしても、インターフェイス標準が設定されるためには相応の時間とコストがかかっている。それは、コンピュータのモジュール化プロセスを詳細に分析したボールドウィン＝クラーク（Baldwin＝Clark, 2000: 149）の叙述に端的にあらわされている。

「複雑適応系の多くは、自然のものであれ人工のものであれ、モジュール型構造の性質を持つ。しかし、コンピュータの設計領域では、モジュール化は偶然生まれたのではなく、意識的な設計努力によって意図的に生み出された……モジュール化の可能性は一夜にして湧き起るのではなく、多くの設計サイクルを経た着実な知識の積み重ねを必要とする。それゆえ、コンピュータ設計のモジュール化—莫大な経済効果を伴うプロセス—は歴史的・知的なプロセスでもあった。それは段階的に起こってきたが、各段階はそれ以前の段階で蓄積された知識の上に成り立ってきた。そのうえ、それは長い間、経済的には見えないプロセスであり、マイルストーンとなる出来事もぼんやりとした技術的なものだった。」²⁸⁾

経済的には見えにくいだが、インターフェイスの設定は製品システムをモジュール化しようとする意図的・意識的かつ歴史的・知的なプロセスである。モジュール化は事後（ex post）に経済効果をもたらし得ると同時に、事前（ex ante）に時間とコストを伴うプロセスである。特に、検証コストはモジュール型設計のアキレス腱である。システムが複雑なほど、あるいは相互接続の確実性の観点からインターフェイス標準に高い質が要求されるほど、それ相応のシステム検証コストを伴う。ラングロア等は、インターフェイス標準を所与のものとして捉え、その事前の設定プロセスに関心が払われていない²⁹⁾。

28) ボールドウィンは別書において、相互依存的システムをモジュール化するコストとして、デザイン・ルールを制定し普及させるコスト、モジュール・システムの潜在的な価値を実現するために必要な実験を行うコスト、それらが企業の枠を越えて行われる場合の取引コスト、モジュール・システムとその制度的環境に内在するエージェンシー・コストを指摘している（青木・安藤，2002, pp. 91-93）。

29) しかしラングロアの一連の論稿のなかには、半導体製造装置産業のクラスターツールの製造にあたって垂直

いかにインターフェイス標準を効果的・効率的に設定し、設定コストを上回るだけの分業にもとづく協業のメリットを享受していくことが出来るのか。それは、企業の競争優位を左右する重要な課題である。いみじくもラングロア等が動的取引コストという概念を提示したように、インターフェイス自体にも、それをオープンに利用していくのであれば補完的なケイパビリティを持つ他社や他部門に対して説得、交渉、調整、教示する動的取引コストが生じる。しかし彼らのフレームワークでは、動的取引コストがかかるインターフェイス設定プロセスが所与のもの、あるいは歴史的な時間経過の中で外因的 (exogenous) に発現してきたものとして扱われている。したがって、インターフェイスを効果的・効率的に設定するプロセス、そのプロセスにおける企業の主体的な取り組みや、設定のためのオープン・イノベーションのあり様 (configuration) —適切な組織 (間) アーキテクチャ (組織構造・組織間関係) —は等閑にされている³⁰⁾。鶴 (2002) も述べているように、「モジュール化」された「アーキテクチャ」を設計するという「事前のコーディネーション」自体、「インテグラル化」の「事後のコーディネーション」のように必ずしも明らかにされていない。ボールドウィン=クラーク (Baldwin=Clark, 2000) においても、IBM システム /360 のモジュラー化のプロセスにおける試行錯誤が描写されているが、必ずしもそのプロセスの概念的な理解に踏み込んでいるわけではない。

本稿にて提示したインターフェイスの類型は、イノベーションのタイプに適合的なインターフェイスを静的にマッピングしたものに過ぎない。したがって、このモデルのままでは動的なコンテキストの中で企業がシステム・イノベーションを自律的イノベーションに変えていくプロセス、可変インターフェイスをインターフェイスに変えていくプロセス、そのプロセスにおいてインターフェイスを効果的・効率的に設定する主体の投機的な取り組みを捉えることができない。ますます巨大化し複雑性が高まっている CoPS の調整コストを削減していくには、全体的調整による最適化と局所的調整による容易化の便益を天秤にかけながら、システム的な性質をもった CoPS を自律的なものへと変えていくような動的な取り組みが不可欠

統合を行うものと、分割された企業が技術的な標準を使っているものの競争を考察する中で、標準の策定のために企業ないし標準化グループが多くの努力を費やしたことを指摘しているものもある (Langlois, 2004 b)。

30) 彼らのフレームワークは、同じ新制度学派にあっても市場と企業 (階層) の二分法のもと、より効率的なガバナンス構造の分析に焦点が当てられた取引コスト論者のフレームワーク (c.f. Coase, 1937; Williamson, 1975) との違いが強調される。取引コスト論者は、取引に際する市場の不完全性を回避する効率的な「代替メカニズム」として、市場に対する企業の存在を取り扱った。これに対しラングロア等は、ケイパビリティ論に依拠しつつ、市場と企業を代替的というよりはむしろ補完的な関係として捉えている。すなわち、技術の選択を左右する生産費用と、市場と企業のあいだのアクティビティの分業の仕方を左右する取引費用の双方を、時間の経過の中で考察しなければ、企業境界の変化を説明できないと考えている (谷口, 2006: 217)。ここでラングロア等は、企業の境界を決する両者の費用の違いは、企業と市場 (他社) の相対的な学習能力によって左右されるとする。と同時に、市場の学習能力は技術的要素や制度的要素によっても左右される (Langlois=Robertson, 1995: 33)。筆者は両者の相対的な学習能力を左右する、標準に代表される制度的な要素の形成プロセス、そしてそのプロセスに関わるコンソーシアムをはじめとする組織間ネットワークに次なる研究ターゲットを設定する。そういう意味において、筆者の研究フレームワークは次の二点において三分法といえる。それは、市場と組織に並んで経済発展の原動力としての制度 (標準) に着目している点及び、制度 (標準) の形成 (調整メカニズムが埋め込まれる) プロセスに出現する市場でも階層組織でもない第三のガバナンス構造 (Lamoreaux, et al, 2003, 407 が長期的関係: long-term relationship と称するもの) を分析対象にしているという点である。

になっているのである。

分析フレームワークの静態性に関する批判は、既存の製品アーキテクチャ論に対しても同様に向けられる。既存の製品アーキテクチャに関する議論では、製品アーキテクチャを組織が適応すべき与件として捉えている。ゆえに、企業が製品アーキテクチャを変えていくプロセスに相応しい組織アーキテクチャについては十分に明らかにされていない。モジュラー型の製品アーキテクチャに対してはインターフェイス標準とモジュラー型の組織アーキテクチャ、インテグラル型の製品アーキテクチャに対しては可変インターフェイスとインテグラル型の組織アーキテクチャといった具合に、両者の間には製品アーキテクチャを所与とした上での状況適応的（コンティンジェント）な適合関係が提示されているに過ぎない。

これまで展開してきた静態的モデルを基礎としつつも、インターフェイスと可変インターフェイス—システムの局所的調整の容易化と全体的調整による最適化—のメリット・デメリットを両天秤にかけ、企業、あるいは様々なレベルに散在する社会的なシステム・インテグレートたちが「インターフェイス」を投機的に変更し、そのプロセスに適合的な組織（間）アーキテクチャを特定することのできる動的モデルを提示する必要がある。そのようなモデルの構築に向けた取組みについて稿を改めて展開したい。

<参考文献>

- ・ Badaracco, Jr. J. L. (1991) *The Knowledge Link, How firms compete through strategic alliances*, Boston, MA: Harvard Business School Press
- ・ Baldwin, C. Y., K. B. Clark. (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Cambridge, MA, MIT Press. (安藤晴彦訳『デザイン・ルール：モジュール化パワー』東洋経済新報社、2004年)
- ・ Breschi, F., Malerba, F. (2005) *Clusters, Networks, and Innovation*, Oxford, NY: Oxford University Press
- ・ Brusoni, S., Prencipe, A. (2001 a) “Unpacking the Black Box of Modularity: Technologies, Products and Organizations”, *Industrial and Corporate Change*, 10 (1): 179-205.
- ・ Brusoni, S., Prencipe, A. (2001 b) “Managing Knowledge in Loosely Coupled Networks: Exploring the link between Product and Knowledge Dynamics”, *Journal of Management Studies*, 38 (7): 1019-1035.
- ・ Brusoni, S., Prencipe, A., Pavitt, K. (2001) “Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and Boundaries of the Firm: Why Do Firms Know More Than They Make?”, *Administrative Science Quarterly*, 46 (4): 597-621
- ・ Buckley, P. J., Casson, M. (1976) *The Future of Multinational Enterprise*, Macmillan (清水隆雄訳『多国籍企業の将来（第2版）』文真堂、1993年)
- ・ Casson, M. (1997) *Information and Organization: A New Perspective on the Theory of the Firm*, Oxford University Press
- ・ Chandler, A. D., Jr. (1977), *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Harvard University Press. (鳥羽欽一郎・小林袈裟治訳『経営者の時代：アメリカ産業における近代企業の成立』東洋経済新報社、1979年)
- ・ Chandler, A. D., Jr. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Harvard University Press. (安部悦生・川辺信雄・工藤章・西牟田裕二・日高千景・山口一臣訳『スケール アンド スコープ — 経営力の国際比較 —』夕斐閣、1993年)
- ・ Chesbrough, H. W. (2003a) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- ・ Chesbrough, H. W. (2003b) “The Era of Open Innovation”, *Sloan Management Review*, 44 (3): 35-41.

- Chesbrough, H. W., Wim Vanhaverbeke and Joel West, eds. (2006) *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. Oxford: Oxford University Press.
- Chesbrough, H.W., Teece, D. J. (1996), “When is Virtual Viirtuous? Organizing for innovation”, *Harvard Business Review*, 1, Jan-Feb, pp. 65-73
- Christensen, C. M., R. S. Rosenbloom, “Explaining the Attacker's Advantage: Technological Paradigms, Organizational Dynamics, and the Value Network”, *Research Policy*, 24 (2): 233-257.
- Coase, R. H. (1937) “The Nature of the Firm”, *Economica*, New Series, 4 (16) Nov.: 386-405.
- Cooke, P. (2005) “Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation: Exploring ‘Globalisation 2’—A new model of industry organisation,” *Research Policy*, 34 (8) (October): 1128-1149.
- Cooke, P. (2006) “Regional Knowledge Capabilities and Open Innovation: Regional Innovation Systems and Clusters in the Asymmetric Knowledge Economy,” In Stefano Breschi & Franco Malerba (eds.), *Clusters, Networks & Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- De Laat, P. B. (1999) “Systemic Innovation and the Virtues of Going Virtual: The case of the Digital Video Disc”, *Technology Analysis and Strategic Management*, 11 (2) : 159-180.
- Dosi, G., Hobday, M., Marengo, L., Prencipe, A. (2003) “The Economics of Systems Integration: Towards an evolutionary interpretation”. in: Prencipe, Andrea, Davies, Andrew and Hobday, Mike, ed. *The Business of Systems Integration*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 95-113
- Duray, R. (2002) “Mass customization origins: mass or custom manufacturing?”, *International Journal of Operations and Production Management*, 22 (3) : 314-328.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinter.
- Garud, R., Kumaraswamy, A. (1993) “Changing Competitive Dynamics in Network Industries: An Exploration of Sun Microsystems’ Open Systems Strategy”, *Strategic Management Journal* 14: 351-369.
- Garud, R., Kumaraswamy, A. (1995) “Technological and organizational designs for realizing economies of substitution”, *Strategic Management Journal*, 16: 93-109.
- Gawer, A., Cusmano, M. (2002) *Platform Leadership, How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Harvard Business School Press. (小林敏男監訳『プラットフォーム・リーダーシップ: イノベーションを導く新しい経営戦略』有斐閣, 2005年)
- Göpfert, J. (1998) *Modularisierung in der Produktentwicklung: Ein Ansatz zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organization*, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Hagel, J., M. Singer. (1999), Unbundling the Corporation, Harvard Business Review, Mar.-Apr. pp.133-141 (中島由利訳「アンバンドリング: 大企業が解体される時」『ダイヤモンド・ハーバード・ビジネス』. 2000年, Apr.-May, pp.11-24)
- Hobday, M. (1998a), “Product complexity, innovation, and industrial organization”, *Research Policy*, 26 (6): 689-710.
- Hobday, M. (1998b), “Product complexity, innovation, and industrial organization”, *Working Paper*, Complex Product Systems Innovation Centre, Cops Publication No. 52, pp. i-38
- Hayek, F. A. von. (1937) “Economics and Knowledge”, *Economia* (New Series), 4: 33-54
- Kano, S. (2000). “Technical Innovations, Standardization and Regional Comparison: A Case Study in Mobile Communications”, *Telecommunication Policy*, 24 (4): 305-21
- Kline S., Rosenberg, N. (1986), “An Overview of Innovation,” in: Landau, R., Rosenberg, N., ed., *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press.
- Lamoreaux, N. R., Daniel M. G. Raff., Temin, P. (2003), “Beyond Markets and Hierarchies: Toward a New Synthesis of American Business History”, *American Historical Review* 108 (April): 404-433.
- Langlois, R. N. (2003), “The vanishing hand: the changing dynamics of industrial capitalism”, *Industrial and Corporate Change*, 12(2): 351-385.
- Langlois, R. N. (2004 a) “Chandler in a Large Frame: Markets, Transaction Costs, and Organization Form in History”. *Enterprise and Society*, 5(3): 355-375.
- Langlois, R. N. (2004 b) “Competition through Institutional Form: the Case of Cluster Tool Standards”, *Department of Economics Working paper Series*, University of Connecticut, Working Paper 2004-10.

- Langlois, R. N., Robertson, P. L. (1992). “Network and innovation in a modular system: Lessons from the microcomputer and stereo component industries”, *Research Policy*, 21(4): 297-313.
- Langlois, R. N., Robertson, P. L. (1995), *Firms, Markets and Economic Change: A Dynamic Technology of Business Institutions*, Routledge
- March, J. G., Simon, H. A. (1958) *Organizations*, New York, London, Sydney : Wiley
- Marks, K. (1867) *Das Kapital*, Buch I (長谷部文雄訳『資本論 (3)』青木文庫, 1952年)
- Maula, M. V. J., Keil, T., Salmenkaita, J-P. (2006) “Open Innovation in Systemic Innovation Contexts” in Chesbrough, H. et al. *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R. R. ed. (1993) *National Innovation System: A Comparative Analysis*, NY: Oxford University Press
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press (邦訳：野中郁次郎著, 竹内弘高著, 梅本勝博訳 (1996) 『知識創造企業』東洋経済新報社)
- Parnas, D. L. (1971) “Information distribution aspects of design methodology”, *Proceedings of the IFIP Conference*, Vol. 1, pp. 339-344
- Pine, B. J. II. (1993) *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*. Harvard Business School Press, Boston, MA (邦訳：江夏健一・坂野友昭訳『マス・カスタマイゼーション革命』日本能率協会マネジメントセンター, 1994年)
- Pine, B. J. II., Peppers, D., Rogers, M. (1995) “Do you want to keep your customers forever”, *Harvard Business Review*, 72(2): 103-114.
- Piore, M. J., Sabel, C. F. (1984). *The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity*, New York: Basic books (山之内靖・永易浩一・石田あつみ訳『第二の産業分水嶺』筑摩書房, 1993年,)
- Porter, M. E. (1998) “Clusters and the New Economics of Competition”, *Harvard Business Review*, (Nov-Dec): 77-90.
- Richardson, G. B. (1972) “The Organization of Industry,” *Economic Journal*, 82, pp. 883-896
- Rothwell, R. (1992). “Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s”, *R&D Management*, 22 (3): 221 – 240.
- Sabel, C. F., Zeitlin, J. (2004) “Neither Modularity nor Relational Contracting: Inter-Firm Collaboration in the New Economy” *Enterprise and Society*, 5 (3): 388-403.
- Saxenian, A. (1994) *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Simon, H. A. (1962) “The Architecture of Complexity“, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, pp. 467-482; reprinted in *The Science of the Artificial*, 2nd edn. MIT Press: Cambridge, MA (1981)
- Smith, A. (1776) *An Inquiry into the Nature and Causes of Wealth of Nations*, 5th ed., 1789 (大河内一男監訳 (1978) 『国富論 I』中公文庫)
- Starr, M. K. (1965) “Modular Production: A New Concept”, *Harvard Business Review*, (Nov-Dec): 131-142.
- Sturgeon, T. J. (2002) “Modular production networks: a new American model of industrial organization”, *Industrial and Corporate Change*, 11(3): 451-496.
- Teece, D. J. (1984) “Economic Analysis and Strategic Management“, *California Management Review*, 26(3): 87-110.
- Teece, D. J. (1986) “Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy“, *Research Policy*, 15(6): 285-305.
- Teece, D. J. (1988) “Technical Change and the Nature of the Firm”, in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. eds, *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter, pp. 256-281.
- Thompson, J. D. (1967), *Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*, New York: McGraw-Hill (監訳：高宮晋／訳：鎌田伸一・新田善則・二宮豊志 (1987年) 『オーガニゼーション・イン・アクション』同文館『オーガニゼーション・イン・アクション』同文館, 1987年)
- Ulrich, K. (1995) “The role of product architecture in the manufacturing firm”, *Research Policy*, 24 (3): 419-440.
- Ulrich, K., Eppinger, S. D. (1995) *Product Design and Development*, New York: McGrawHill
- Williamson, O. E., (1975) *Markets and Hierarchies*, New York: The Free Press. (邦訳：浅沼萬里・岩崎晃訳『市

場と企業組織』日本評論社, 1980年)

- ・ 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
- ・ 青木昌彦「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) 『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, pp. 3-33
- ・ 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 『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』 有斐閣, pp. 27-70
- ・ 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』 有斐閣, pp.3-26
- ・ 藤本隆宏 (2003) 「組織能力と製品アーキテクチャ：下から見上げる戦略論」 『組織科学』 36(4): 11-22.
- ・ 今井賢一 (1990) 『情報ネットワーク社会の展開』 筑摩書房
- ・ 國領二郎 (1995) 『オープン・ネットワーク経営』 日本経済新聞社
- ・ 國領二郎 (1999) 『オープン・アーキテクチャ戦略』 ダイヤモンド社
- ・ 岡室博之 (2009) 『技術連携の経済分析：中小企業の企業間共同研究開発と産学官連携』 同友館
- ・ 末松千尋 (2005) 「モジュールとインターフェース, あるいはネットワークの効用」 『経済論叢』 175(3): 45-71.
- ・ 武石彰・青島矢一 (2002) 「シマノ：部品統合による市場創造」 『一橋ビジネスレビュー』 55(1): 158-177.
- ・ 谷口和弘 (2006) 『企業の境界と組織アーキテクチャ：企業制度論序説』 NTT 出版
- ・ 鶴光太郎 (2002) 「「モジュール化」の経済学」 『RIETI Discussion Paper Series』 02-J-009: 1-34
- ・ ラングロア・リチャード・谷口和弘 編訳 (2009) 「企業と組織経済学」 『三田商学研究』 52(2): 1-17.
- ・ 渡部直樹 (2007) 「ラングロアの「消え行く手 (vanishing hand) 仮説の批判：ポスト・チャンドラー・エコノミーと歴史法則主義」 『三田商学研究』 50 (3): 57-81.

“The Classification of Interfaces as Mechanisms of Coordination: Study of Innovation Process and Interface of Complex Product System.”

Akio Tokuda*

Abstract

The purpose of this paper is to classify the interfaces of artifacts by conducting a theoretical examination of relationship between types of innovation process and the interface standards. In line with this purpose, we mainly focus on interface standards drawn up in the innovation process of Complex Product System (CoPS).

In this paper, we clarify four things. First: CoPS essentially tend to need the project-based open innovation across firms, and the systemic nature of CoPS requires manufactures to be active in multiple technological fields in order to design, develop, integrate, and manufacture it. Second: in the heart of evolutionary capability theory, most important general-purpose technologies that support the decentralization of firms are social institutions, which mainly take the form of interface standards. Third: interface standards as coordination mechanisms, while on the one hand, make systemic integrated system partitions into modules, on the other hand, integrate the outside capability which is compatible complements or substitutes. Fourth: through the classification of interfaces by types of innovation and scope of effects, we lay down four types of interfaces, namely local (constant) interface, (constant) interface standard, variable local interface, and variable interface standard. We close this paper by reviewing the significance and limitations of the classification, and setting the future direction of our research.

Keywords:

Open innovation, Systemic innovation, autonomous innovation, evolutionary theory of economic capability, interface, product architecture

* Ritsumeikan University, Faculty of Business Administration, Associate Professor

