

平成 23 年 6 月 18 日

日産科学振興財団イノベーション調査研究報告書

東京大学法人

担当 渡部俊也(教授)

**調査研究メンバー 小川紘一(客員研究員)、
鄭曉博、鄭賢錦(渡部研究室大学院修士課程)**

1. はじめに

本助成研究においては、日産科学振興財団による研究助成が炭酸ガス半減に向けた技術開発に有効に活用され、我が国の国際競争力強化につながるイノベーションシステム構築を目的とした基礎的調査を行った。

本目的に関係する 2010 年度における調査のうち、国際競争力強化につながる標準戦略に関しては、国際標準化が比較優位の国際分業を加速させる事実、およびこの分業が同じ産業の内部だけに生まれて、しかも先進工業国と途上国と間に現れるという過程を調査し、1990 年代後半以降に急成長するアジア製造業に対してデジタル型エレクトロニクス産業が大きく貢献したこと、その背景に製品アーキテクチャのモジュラー化があり、ここに国際標準化が重量することで加速する比較優位の国際分業があったことを明らかにした。そして、比較優位の国際分業がはじまるタイミングから台湾製造業と韓国製造業のGDPが急成長する様子、ならびにその産業領域で日本企業の競争力が弱まり地方から工場が消えていく姿も、具体的なデータに基づいて示すことによって、アジアの成長と歩むための日本および日本企業が採るべき方向を模索した内容を 1. 「比較優位の国際分業と途上国の経済成長に及ぼす国際標準化の役割」にまとめた。

炭酸ガス半減に向かうイノベーションシステムについては、電気自動車などの次世代自動車に関する技術開発をテーマとして、日本の自動車メーカーのような垂直統合型の技術構築志向と欧米型のモジュラー型開発志向の差異が、自動車技術のエレクトロニクス化に関する最新技術動向に影響していることを想定して、自動車メーカーと電池メーカーの特許出願を利用した、コア技術の間の技術間距離の測定を試みた。この内容について、2. 自動車業界各社のコア技術間距離測定分析(担当 渡部俊也)に示した。この調査は着手段階であるが、次のステップとして、環境調和型自動車の開発に関するイノベーションシステムに関して、日本と欧米自動車メーカーのアプローチの差異を定量化することによってその優劣の評価を試みることを予定している。

また同じく炭酸ガス削減に向かう技術開発として、スマートグリッドの研究開発が期待されている。スマートグリッドについては、日本の場合電力会社と大手エレクトロニクス産業がその研究開発を担っているのに対して、米国のスマートグリッド研究開発が、数多くのベンチャー企業が研究開発を担っている。このようなイノベーションシステムの差異が、研究開発や実用化にどのような影響を与えていくのかについて明らかにする基礎的データとして、米国スマートグリッドベンチャーの特許と提携関係の分析を行った。この結果を 3. Strategic Alliances between Smart Grid Startups に示す。この調査により米国のスマートグリッド研究開発においては、技術をベースとした戦略的提携によって技術強化が図られるという、日本にはないイノベーションシス

テムが認められることが分かった。以下それぞれの報告について

1. 「比較優位の国際分業と途上国の経済成長に及ぼす国際標準化の役割」 4p
 2. 「自動車業界各社のコア技術間距離測定分析」 78p
 3. 「Strategic Alliances between Smart Grid Startups」 83p
- に述べる。

なお

1. 「比較優位の国際分業と途上国の経済成長に及ぼす国際標準化の役割」については、知的資産経営総括寄付講座ワーキングペーパーに掲載

http://www.iam.dpc.u-tokyo.ac.jp/workingpapers/pdf/papers_110331.pdf

2. 「自動車業界各社のコア技術間距離測定分析」については、日本知財学会年2011年次大会で発表予定
3. 「Strategic Alliances between Smart Grid Startups」についても日本知財学会年2011年次大会で発表予定となっている。

1. 比較優位の国際分業と途上国の経済成長に及ぼす国際標準化の役割（担当小川絃一）

1. 本稿の基本メッセージとその背景

本稿ではまず第一に、国際標準化が比較優位の国際分業を加速させる事実、およびこの分業が同じ産業の内部だけに生まれしかも先進工業国と途上国と間に現れるという事実を紹介する。そして第二に、1990年代後半以降に急成長するアジア製造業に対してデジタル型エレクトロニクス産業が大きく貢献した事実、その背景に国際標準化がもたらす比較優位の国際分業があった事実を紹介する。そして最後に、比較優位の国際分業と経済成長について論じながら、アジアの成長と歩むための日本の方向付けを考えてみたい。

技術が経済成長に及ぼす影響は、これまでそれぞれの国のマクロな統計データを使って議論されてきた。その代表的な事例が外生的成長理論と内生的成長理論である。前者は、それまで考えられていた労働力や工場・設備への投資というより、むしろ技術進歩の蓄積による効果の方が経済成長へ遥かに大きな影響を与えることを数学モデルで明らかにした。しかしながら1957年にSoloによって提唱されたこのモデルでは、技術それ自身が外生的に与えられると仮定している。技術の進歩は、企業の経済活動と無関係に創出される知の蓄積の派生物として、あるいは時間的・空間的に外部から伝播してくる派生物である、という古典的な科学技術論が暗黙の内に仮定されていたのである。¹

このような考え方は、国や企業が新技術開発に巨額の投資をして競争優位を維持拡大しようとする先進工業国の現状は説明できないものの、技術蓄積の少ない途上国が、先進国から伝播する技術体系を活用して成長する、という21世紀の現状をそのまま説明することができる。事実、戦後の日本も、そして1990年代以降の東アジア諸国と中国も、製品とその関連技術知識の移転に対して、国の産業政策が極めて大きな役割を担った。当然のことながらこのステージでは、ビジネスモデルや知財マネジメントという考え方が生まれていない。

1980年代の後半になってRomerが内生的経済成長理論を提案した。この理論の基本思想では、技術開発それ自身は紛れもなく市場経済の一翼を担うものである、と位置付けら

¹ 1940年ころまでのアメリカでは、基礎技術がヨーロッパから伝播してくることが多かった。また技術開発の担い手は、大手企業による研究開発ではなく、むしろエジソンなどの個人発明家であった。しかし1945年10月のブッシュレポートを起点に、大手アメリカ企業が中央研究所を持って基礎研究に巨額の投資をする（たとえば小川, 2009aの4章1節参照）。企業の基礎研究によって生まれたナイロンの発見がデュポンに巨額の利益をもたらした事実を多くの企業人が理解し、研究開発投資それ自身が経済活動そのものであるという考えを持つに至ったためである。しかしながら1957年にSoloが完成させた外生的成長理論のモデルでは、技術が経済活動と無関係に外部から与えられるという1930年代以前（Soloモデル完成の30年以上も前）の考え方が仮定されており、1950年代にSoloの身近で起きた当時の実ビジネスの実態が取り込まれていなかった。また1980年代後半に完成したRomerの内生的成長理論モデルは、その30年以上も前の経済人が取り組んだ現実の姿であった。これがアカデミアの世界である。なおアメリカ科学アカデミーの提言書に“経済成長の85%は技術革新による”と書かれているようだが、Soloのモデルで導かれたのが87%であり、技術を外生的に扱っている。この意味で外生的成長理論のモデルは現在でも基礎研究者に支持されている。

れている。これを国や企業の視点で翻訳すれば、研究開発投資の成果としての技術が蓄積され、人材育成・学習および経験の蓄積などによって更に技術レベルが高まることが経済成長や将来の企業の競争力に貢献する、という考え方であった。これは、日本を含む多くの先進工業国が進める巨額な科学技術投資の、思想的なバックブランドとなっている。当然のことながら、巨額投資が新技術を生み出し、そして新製品を生み出して大量普及すれば必ず国や企業の競争優位に直結するという、リニアモデルが暗黙の内に期待されたものであった。² この意味で行政や企業の経営者の役割は、ただ単に研究開発資金の確保ということになり、投資が生み出す技術成果や知的財産を駆使したビジネスモデルや知財マネジメントの必要性が実ビジネスで強調されることは無かった。

ほぼ同じ時期に、内性的研究開発投資と技術イノベーションおよび技術伝播を経済成長へ取り込む理論も現れた。³ ここで新規技術の開発や技術進化の為の投資は企業利潤追求するビジネスチャンスをつかむためとされてはいるが、同時に投資の成果を独占すれば経済成長に寄与せず、技術の伝播が経済成長に寄与すると、高度 10 万メートルの視点から牧歌的に主張している。

我が国でも多くの研究が蓄積されており、技術導入と国際貿易・外国直接投資などに注目して論じる著作（戸堂、2008）、あるいは分業の発展や工業化の過程を含む歴史的な視点で市場と成長を論じる著作も出てきた（斎藤、2008）。⁴ 特に斎藤の著作を貫く“スミスの成長”という考え方が分業を起点に論じられているという意味で、先進工業国とアジアが比較優位の分業によって互いに成長するという本稿の論点は、スミスの成長を 21 世紀のグローバル市場へ展開する試み、と言えるのではないか。

しかしこれまでの議論はいずれも、なぜ技術蓄積の少なかったアジア諸国が、自国内の市場ではなくグローバル市場で、しかも極めて短い期間に圧倒的な市場シェアを取れるようになるのか、なぜこれがデジタル型のエレクトロニクス産業で大規模に現れ、しかも 1990 年代の後半からアジアの製造業が急成長するようになったのか、そしてなぜここから日本企業が市場撤退への道を歩むのか、などを説明することができない。更には、21 世紀の日本の成長をアジアの成長とリンクさせて議論する枠組も、従来の議論から導くことは困難である。

伝統的なマクロ経済は、Solo モデルや Romer モデルを取り込みながら、長期的な成長

² 現実にはリニアモデルが成立する事例もある。これの事例は、設計と製造が分離し難く、また技術伝播が起き難い擦り合わせ型の産業で観察されることが多い。しかしながら、デジタル・エレクトロニクス産業に代表されるオープン・モジュラー型の産業では技術伝播/着床スピードが非常に早く、リニアモデルが成立し難い。したがって、技術開発投資の成果を企業収益に結び付けるためのビジネスモデルや知財マネジメントが必要となる（たとえば小川(2010)参照）。

³ たとえばグロスマン G. M, ヘルプマン E (1998) が代表的な事例。彼らは技術伝播と成長の関係を議論しているものの、企業人から見れば地上 10 万メートルから語るマクロな議論であって、国や企業の競争優位を議論するには牧歌的過ぎる。に

⁴ 本稿では、技術導入や外国直接投資という伝統的なキーワードよりも、むしろ製品アーキテクチャによる技術伝播/着床スピードが大きく異なる事実に着目した人為的な比較優位の国際分業構築や、この分業を支える先進工業国の産業政策とビジネスモデルが途上国の成長に大きな影響を与える、と主張している。

を決定する要因が資本と労働と生産性である、と教えてきた。経済の供給サイドに働きかけて資本と労働の双方で量・質を高め、そして生産性を高めれば成長が高まる、という主張である。特に日本では、これらをもつて科学技術が位置付けられ、国の進むべき方向が科学技術創造立国であるという供給サイドの政策思想が、現在でも多くの人の共感を得ている。日本の科学技術白書が Solo モデルの中核となる“全要素生産性”という生産性のパラメータを現在でも重視する姿勢が、その痕跡である。⁵ そして過去 15 年に、60 兆円の国税が注ぎ込まれた。企業側の研究開発投資を含めれば、総額 200 兆円という巨額に及ぶ。しかしながら日本の経済が今なお低迷から抜け出せておらず、製造業の雇用は 1990 年から 2007 年まで 300 万人も減った。これは厳然たる事実である。

その理由として、製品アーキテクチャと技術伝播スピードの関係や、スピード差に起因する比較優位の国際分業、そして分業構造の中で急成長するアジア諸国の製造業、という視点から日本企業の競争力や雇用問題を位置付ける議論が、これまで少なかったからではないか。確かに我々は、製品アーキテクチャの視点に立つ技術伝播/着床と経済成長の関係を、技術イノベーション政策や産業政策に取り込んでこなかった。アジアの成長と共に歩む日本の姿を描き出すには、経済の供給サイドに働きかけて資本と労働の双方で量・質を高め、そして生産性を高めるといった伝統的な政策は、単に必要条件に過ぎない。技術伝播スピードが 10~30 倍も早くなった産業領域では、日本の国や企業を支えた従来型の国際競争力が比較優位のオープン国際分業によって通用し難くなっていたのであり、従来型の供給サイド政策も技術伝播を考慮した新たな政策無くして競争優位に結びつかなくなった。一方、技術が伝播/着床し難い産業領域では、供給サイド政策が現在でも十分に機能しているのも厳然たる事実である。

我々はまず最初に、製品アーキテクチャと技術伝播/着床スピードとの関係に着目し、スピード差が生み出す比較優位の国際分業を冷静に受け入れ、供給サイド政策が機能する産業領域と全く機能しない領域が生まれる事実を受け入れなければならない。科学技術創造立国に向けた政策の効果が製品アーキテクチャの違い、すなわち技術の伝播/着床スピードに大きく依存するようになっていたのである。

さらにまた、製品アーキテクチャと国際標準化が技術の伝播/着床スピードを左右して比較優位の国際分業を生み出し、グローバル市場の競争ルールや産業構造を一変させていた。21 世紀の現在では、製品設計の深部にデジタル技術が介在し、基幹部品相互の結合公差が飛躍的に広がった。ここで多くの企業が参加する国際標準化とは、基幹部品相互の結合インタフェースと結合公差を、共にグローバル市場へ公開することを意味する。公差が広く、しかもこれが誰にでも公開されるのであれば、例え技術蓄積の少ない途上国企業であっても、流通する基幹部品を調達するだけで市場参入が可能になる。組立工程の許容公差が非常に広いので、特別の製造ノウハウがなくてもそれなりの品質で量産できるから

⁵ たとえば平成 20 年度版の科学技術白書。Solo 自身は残差という表現を使ったが、その後の研究者が理論を拡張しながら全要素生産性という言葉を使いはじめ定着させた。

である。ここからグローバル市場の競争ルールが一変する。競争ルールが変われば従来型の供給サイド一辺倒に徹した政策思想を転換させ、そして日本の企業制度の在り方やものづくり一辺倒の経営思想も、比較優位のオープン国際分業に適応させながら変貌・進化させなければならない。

そこで本稿では、高度 10 万メートルの視点に立つ伝統的な供給サイドの政策や成長論ではなく、マクロな経済指標だけを使う議論ではなく、個別産業や個別製品を起点にしながらアジア企業（特に製造業）の国際競争力を論じてみたい。他の産業の影響が相対的に少なければ個別産業や個別製品の競争力とマクロな指標（たとえば GDP）との関係を実証データで把握し易いという意味で、すなわち伝統的な理論体系に組み込み易くなるという意味で、巨大産業に育ったパソコンと DVD および半導体を取り上げた。そしてまた、パソコンや DVD、半導体などに代表されるデジタルエレクトロニクス産業の GDP が全製造業の中で大きな割合を占めている国の成長を議論するなら伝統的な理論体系に組み込み易くなるという意味で、台湾や韓国に焦点を当てて論じる。個別産業・個別製品の競争力をマクロな指標としての GDP と関係付けながら論じる、という本稿の取り組みによって初めて、アジアの成長と共に歩む日本の方向を具体的に議論できるのではないか。

本稿の論点を支える第一事実は、内部構造がモジュラー型アーキテクチャへ転換し易いデジタル型製品に国際標準化が介在することによって、まず比較優位の国際分業が同じ産業の中で瞬時に生まれ、⁶ これを起点にデジタル型の産業分野から GDP が急成長の軌道に乗る、というアジアの製造業の姿である。これらの事実を具体的なデータで明らかにしたい。

本稿の論点を支える第二の事実は、たとえ同じ産業内であっても、内部アーキテクチャがモジュラー型に転換する製品/システムなら技術伝播・着床スピードが 10 倍から 30 倍も速くなる事実があり、一方、内部アーキテクチャが擦り合わせ型ブラックボックス的な状態を維持するのであれば伝播/着床スピードが非常に遅い、とい事実である。ここでアジア諸国企業は技術の伝播/着床スピードが非常に速いモジュラー型アーキテクチャを担って成長軌道に乗り、一方、先進工業国は伝播/着床スピードに遅い、すなわち模倣され難いブラックボックス的な技術領域を担ってアジア諸国企業に供給する。この意味で、現在のアジア諸国の成長は、外生的な経済成長モデルに近い。一方、先進工業国の成長は内生的モデルに近いものの、単なる供給サイド一辺倒では無い。供給サイド政策で生まれた成果をグローバル市場の競争力へ転化させるためのビジネスモデルや知財マネジメントという、出口サイドの戦略が必ず一体されたものになっている。⁷

本稿の主張は、この二つのモデルが同じ産業の中で同時に起きて共存するという点に

⁶ これまで語られる比較優位の国際分業は、農作物と工業製品、織物製品と自動車などという異なる産業を事例に議論されてきた。本稿は、例えば DVD やパソコン、携帯電話などのそれぞれの産業の中だけで比較優位の国際分業が生まれ、これが国際標準化によってもたらされたと主張している。

⁷ 1980 年代のアメリカ企業人は、技術伝播しやすいデジタル型エレクトロニクス産業で自社の研究開発投資が生み出す成果を市場の競争力へ転化させるビジネスモデルや知財マネジメントを、技術開発と同等以上に重要して進化・発展させた（小川、2009b の 14 章参照）。

あり、したがって同じ産業の中に生まれる比較優位の国際分業・国際貿易こそがアジア諸国と先進工業国を共に成長させている、という点にある。

同じ産業の中で生まれる比較優位の国際分業が、アジア諸国の製造業をグローバル市場へ躍進させ、経済成長に多大な貢献をしている。一方で、日本を含む多くの先進工業国で製造業の雇用が急速に減少しているが、その背景にはアーキテクチャベースの“比較優位のオープン国際分業”があったのである。ここで欧米諸国は、アジア諸国を分業のパートナーと位置付けることによってアジアの成長を自国の成長に取り込む仕組みを1990年代に完成させた。1980年代に産業構造を強制的に分業型へ転換させていたからである。しかしながら伝統的な統合型を維持してきた日本企業にとって、アジア諸国は低コスト生産拠点であり、同じ産業の中のオープン・サプライチェーンを共有するパートナーという位置付けではなかった。

確かに、同じ産業の中で比較優位の国際分業が起きていない産業でなら、伝統的な統合型企業の多くはアジア諸国を単なる低コスト生産拠点として位置付けできてきた。これまでの自動車産業や事務機械産業では、現在でもこの考えが貫かれている。たとえばフルセット垂直統合型の企業であった1980年代のIBMも、パソコン産業で日本の松下電器（現在のパナソニック）を上記の關係に位置付けた。しかしながら、製品アーキテクチャがオープン・モジュラー型へ転換するにつれて競争優位を失い、市場撤退への道を歩んだ。

デジタル技術が設計の深部に介在する製品/産業領域では、必ず比較優位のオープン国際分業が生まれる。したがって、この潮流を人為的に作り出す国の国際標準化戦略や企業の標準化戦略は、それ自身がグローバルな産業構造を一変させ、競争ルールを一変させる。したがって伝統的なフルセット総直統合型の企業制度が経済合理性を失う。これが日本で最も早く顕在化したのがデジタル型のエレクトロニクス産業であり、日本企業の国際競争力を弱体化させ、日本の地方から工場が消えて雇用が失われ、そしてGDPがマイナス成長となった。⁸ 以上のような特徴を持つ21世紀のグローバル経済を、個別産業や個別製品から概観してみたい。

一般に人工物の設計とは、製品/システムを構成する基幹技術モジュールの結合公差を拡大させて単純組合せ型へ転換させる一連の行為である。製品/システムの内部構造をモジュラー型のアーキテクチャへ転換させる一連のプロセスである、と言い換えてもよい。しかしながら、モジュラー型へ転換するだけでは、アジア諸国企業がグローバル市場へ短期間に参入することはできない。市場参入が可能になる第一の背景は、モジュラー型への転換に国際標準化が介在するケースが多くなったことを挙げなければならない。国際標準化によって、基幹技術モジュール相互の結合インタフェースがグローバル市場へオープン化され、同時に結合公差が完全オープン化されるからである。そして第二の背景は、完全オープン化によって製品設計、生産技術開発、部品調達、大量生産など、あらゆる領域で内部コストが激減する点にある。これによって初めて、オープン・サプライチェーンの一角

⁸ 小川(2009b)の第2章、第3章。

へ、技術蓄積の少ないアジア諸国企業でさえ極めて短期間に市場参入できるようになる。

国際標準化は、同じ産業の中で比較優位の国際分業を加速させる役割を担う。特にインタフェース標準が中心のデジタル型製品でこれが最も先鋭的に現れたという意味で、オープンな比較優位の国際分業がデジタル型の製品からはじまった。⁹ したがってアジアの製造業の中でも、特にデジタル型の（モジュラー型へ転化した）産業領域から製造業の GDP が急成長に転じた。国際標準化によってアジア諸国の製造業が急成長する背景がここにあったのである。

デジタル型とは、設計の深部にマイクロプロセッサとファームウェアが介在する製品/システムを言う。¹⁰ マイクロプロセッサとこれを動かすファームウェアが持つ基本的な作用が、製品の内部アーキテクチャを技術モジュールの組合せ型、すなわちモジュラー型へ転換させる。この内部アーキテクチャ転換とオープン国際標準化の重畳が、経済システムを従来のクロズド・グループ内分業からオープン環境のグローバル企業間分業へと発展させる原動力となった。¹¹

技術モジュールとして流通するマイクロプロセッサを最初に採用したコンピュータがパソコンである。¹² オープン環境に流通した汎用プロセッサは 1980 年代なっても非常に性能が悪く、メインフレーム・コンピュータはもとよりミニコンピュータからも全く相手にされなかったが、パソコン産業の興隆を担ったベンチャー企業群がこれを積極的に採用した。技術の全体系を開発する資金も能力も全くない彼らにとって、オープン環境に流通するマイクロプロセッサを市場から調達する以外に手がなかったからである。¹³ ここからまずパソコン産業で企業間の水平分業が始まり、その延長で国を超えた比較優位の国際分業構造へと大規模に発展する。パソコン産業の急拡大が光ディスク産業やでディスプレイ

⁹ ソフトウェアもデジタル型製品を特徴付ける典型的な技術モジュールであり、非常に早い段階から国際分業がはじまった。1980 年代から始まり 1990 年代に急拡大するアメリカとインドの国際分業が、その代表的な事例である。インド産業の急成長はまずデジタル型を象徴するソフトウェア産業から始はじまったが、2000 年ころから次第に自動車産業へシフトしはじめた。ソフトウェアは高度な教育を受けた人材の雇用に結びつき易いが、自動車産業なら教育を受ける機会の無かった人々の雇用をも拡大させる巨大産業になるからである。

¹⁰ マイクロ・プロセッサは MPU (Microprocessor Unit) と略称され、インテル社が 1971 年に世界で始めて商品化し、市場に流通させた。MPU を動かすソフトウェアをここではファームウェア (Firmware) と定義する。現在ではこれが、多くのケースで組み込みソフトと呼ばれる。当時のメインフレームやミニコンは垂直統合型の企業がビジネスの担い手であり、コンピュータの機能・性能を左右するプロセッサ機能を流通されることなど、全く考えられなかったのである。

¹¹ 本稿が焦点を当てる比較優位の国際分業は、国際標準化が作るオープンなグローバル市場を前提にしている。日本の自動車産業に見るグループ内のクロズド分業、あるいは低コスト生産を求めて工場を途上国に作るクロズド分業は、本稿が焦点を当てる比較優位の国際分業と全く異なる。

¹² 柴田 (2008) を参照のこと。初期のマイクロプロセッサは性能が遅いのでメインフレームやミニコンに採用されることはなかったが、半導体の技術革新によっておきた飛躍的な性能向上と急激コスト低下の同時実現によって、1980 年代の中期から全てのパソコンメーカーが当たり前のように採用するようになる。

¹³ 技術体系の一部しか担うことのできないベンチャー企業は、長期の技術蓄積と巨額投資を必要とするプロセッサを自前で開発・製造することが出来ない。市場に流通する技術モジュールとしてのマイクロプロセッサが登場してはじめて、小さなベンチャー企業でさえコンピュータ・ビジネスへ参入できるようになったのである。この傾向は、技術蓄積が少ない現在の NIES/ BRICs 企業が巨大なサプライチェーンの特定セグメントに集中しながら市場参入する姿とまったく同じである。

一産業、半導体産業などを興隆・発展させた。同じ産業の中で初めて大規模な国際分業が生まれたのがパソコン産業だったのである。¹⁴ その背後で、基幹部品の中でも特に基幹部品である汎用のマイクロプロセッサが、オープンなグローバル市場で流通する事実があった。

本稿の目的は、国際標準化やオープン標準化と経済成長を論じることだが、¹⁵ これまで述べたように、その前提が製品アーキテクチャのモジュラー化とここに国際標準化が介在することで生まれる比較優位の国際分業であった。そこで本稿は、まず**2章と第3章**でアメリカのパソコン産業と日本の光ディスク産業（CD-ROMやDVD）を取り上げながら、マイクロプロセッサとファームウェアの作用によって製品アーキテクチャがモジュラー型へ転換し、ここに国際標準化が介在することで比較優位のオープン国際分業が急拡大することを実証する。

前者のパソコンの事例は、本質的にデジタル技術で構成されたコンピュータへオープン標準化が介在し、そして企業間の分業が大規模に現れた最初の事例である。¹⁶ アメリカのパソコン産業は、1980年代の中期からオープン標準化を前面に出しながら激しい位置取り競争を繰り広げ、徐々にオープン・モジュラー型のアーキテクチャへ向かう。そしてほぼ完全なモジュラー型へ転換したのが1990年代の中期であった。ここからアメリカとアジア諸国との間で比較優位のオープン国際分業が大規模に進展する。

例えオープンな企業間分業の産業構造が生まれても、初期のころの分業はパソコンのような製品を生み出す先進工業国の市場に留まった。しかしながら、製品アーキテクチャのモジュラー化が究極まで進んで完全な Full-Turn-Key-Solution 型へ転換する時点から（パソコンの場合は1990年代の中期）、先進工業国とアジア諸国との間で比較優位のオープン国際分業が大規模に進展したのである。

後者のCD-ROM装置は、コンピュータ環境で使われることを前提にして既に1980年代の前半に国際規格ができていた。しかし本質的にアナログ技術で構成された製品だったので、基幹技術相互の結合公差が非常に狭い。国際標準化が介在しても比較優位の国際分業が生まれない。これは初期の据え置き型VTRでも同じであった。しかしながらCD-ROMは、マイクロプロセッサが製品設計の深部に介在した1990年代の中期からモジュラー型へ転換した。その直後から瞬時に比較優位のオープン国際分業がはじまったのは言うまでもな

¹⁴ ミニコンピュータが興隆する1970年代になると、アメリカと日本の間で国際分業が生まれた。しかしながらこの場合でも技術モジュールのインタフェースがオープン環境で標準化されたことが起点になっている。そもそもこれは、アメリカのベンチャー企業同士の企業間分業を目的にしたものであったが、インタフェースがSMD規約としてオープン標準化された1970年代の後半から、日本企業がハードディスク装置を提供する国際分業型の構造が生まれた。

¹⁵ 本稿では国際標準化とオープン標準化を区別しないで用いている。例えば1980年代のアメリカに興隆したパソコン産業の標準化は、アメリカ国内のオープン標準であっても、ビジネスの視点から言えばそのまま国際標準と同じ意味を持つようになった。CD-ROMやCD-Rは特定の有力企業が主導したデファクト標準であったが、ビジネス的には実質的なオープン標準化、国際標準化と同等の役割を持つようになった。厳密な定義は異なるものの、本稿では比較優位の国際分業という視点で標準化を考えるという意味で、オープン標準化と国際標準化と特に区別せず、状況に応じて使い分けている。

¹⁶ 同じデジタル型を代表するネットワーク産業でも同じだったが、詳細は別稿に譲りたい。

い。マイクロプロセッサの性能・機能がある段階に達しなければアナログ型製品のモジュラー化が進まず、したがって比較優位の国際分業化も進展しないことを示す代表的な事例を CD-ROM 装置に見ることができる。

例え完成品/システムを支える技術体系が全く異なっても、マイクロプロセッサが持つ基本的な作用によって製品アーキテクチャがモジュラー型へ転換する。そしてここに国際標準化が介在すれば必ず比較優位のオープン国際分業が生まれる。比較優位の国際分業という産業構造がグローバル市場で瞬時に生まれるプロセスは、時空を超えて同じように観察されることが 2 章と 3 章から理解されるであろう。21 世紀の現在では、ほぼ全てのエレクトロニクス製品で製品設計の深部に深く広くマイクロプロセッサ/システム LSI が介在し、そして国際標準化が介在するという意味で、製品出荷の初期の段階から先進工業国とアジア諸国との間で比較優位のオープン国際的分業が当たり前のように進められる。

第 4 章では 1990 年代に顕在化したオープンな国際分業によって、それ以前の 1980 年代より 10～30 倍もの巨大市場が瞬時に生まれる、という事実を色々な事例で紹介したい。そしてここから本稿の最終目的である“国際標準化がもたらす経済成長”を論じる。製品アーキテクチャのモジュラー型への転換がオープン標準化と結びつくことによって国際分業が加速され、先進工業国とアジア諸国とが互いに比較優位の相互依存性を強めながら経済成長に貢献する事実が、一連の実証データによって理解されるであろう。21 世紀の我々がグローバル市場で当たり前のように目にするこれらの経済的・社会的な諸現象が、人工ゲノムとしてのマイクロプロセッサ、あるいはマイコンや DSP, システム LSI およびこれを動かすファームウェアによって支えられているのである。¹⁷

2. パソコン産業に見るオープンモジュラー化の進展と比較優位の国際分業

2.1 アメリカの産業政策転換とオープンな企業間分業の興隆

1800 年代の後半から大規模に発展したアメリカ企業は、フルセット垂直統合型の企業制度で成功を繰り返した。規模の経営によってコスト削減と価格維持を同時実現させたのである。また安定成長を目指して盛んに統合化を行いながら垂直統合型とコングロマリット型の組織能力を磨き、同時に事業部制を導入することによって大規模組織の効率的なマネジメントを追求してきた。当時のアメリカ巨大産業が扱う製品は、石油、石炭などの材料か、あるいは鉄道、自動車などの擦り合わせ型アーキテクチャを持っていた。その後に興隆するコンシューマ市場のエレクトロニクス製品であっても、全てアナログ的な技術で構成されていたので、21 世紀の我々が目にするオープンな企業間分業はもとより同じ産業

¹⁷ これまで本稿ではマイコンとシステム LSI を区別しないで用いた。初期のころはマイクロプロセッサに入出力インタフェースのコントローラ機能を付けたマイコンや専用高速プロセッサである DSP (Digital Signal Processor) が中心であったが、1990 年代の半導体技術革新がこれを SystemLSI に進化させた。SystemLSI にはマイコンや DSP と多種多様な機能のファームウェア (組み込みソフト群) が一体統合された巨大システムとなっている。その基本機能が製品/システムの内部構造を基幹部品の組合せ型 (モジュラー型) へ転換させるという意味で、マイコンと同じ作用が大規模システムにまで展開されるようになった。

の中で比較優位のオープン国際分業は、そもそも存在し得なかった。

1960年代のベトナム戦争によってアメリカの財政が極めて厳しくなった。またその後の1970年代におきた二度に渡る石油危機によって長期の大量失業とひどいインフレの同時進行に悩まされた。1980年代の初期になってもここから抜け出せないでいたのである。そこでアメリカ政府は、1980年代に産業政策をダイナミックに変えた。¹⁸ 産業構造を強制的に変えようとしたのである。特に現在の我々が当たり前のように語るオープン標準化や企業間分業、ベンチャー企業などの萌芽は、1980年の著作権法改定（ソフトウェアに知財権を認める）、1981年の独占禁止法の大幅緩和、1982年の中小企業技術革新法（SBIR：研究会開発補助金制度）、そして1984年の国家共同研究法の制定など、一連の法律のよってこの世に生まれた。

1980年の著作権法の改定は、1981年10月に出荷されるIBM PCの回路図面やBIOSソース・コードの公開を誘発させ、パソコン産業がオープンな企業間分業へ転換する上で重要な役割を果たした。また独禁法の改定と国家共同研究法の制定、およびこれに関係した諸々の法律改定によって、複数の企業の協業による技術開発が“当然違法の原則”ではなく、“合理の原則”に従って、しかも協業のプロセスと結果をオープンにするのであれば、合法とした。¹⁹ ここから共同開発の成果を業界標準にするという動きが、大きな潮流となってアメリカ製造業のDNAになる。今日のアメリカの競争優位は1985年12月のヤングレポートでは無く、それ以前の一連の法律制定が起点になっていたのである。ヤングレポートの前に骨格が固まっていた。

国家共同研究法が成立したわずか2年後の1986年ころに業界標準となったパソコンのISAバス（Industry Standard Bus）、および1988~1989年のEISAバス（Enhanced ISA Bus）のオープン標準化が、パソコンのモジュラー化と企業間の水平分業を加速させた。アメリカの産業政策が個別企業のビジネスモデルとして取り込まれて生まれた象徴的な事例である。これがパソコンを起点としたデジタルネットワーク社会の飛躍的な発展に繋がり、比較優位のオープン国際分業型へと発展する。その担い手はいずれも1980年代に輩出した多種多様なベンチャー型企业であり、伝統的な大企業ではなかった。²⁰

2.2 オープンモジュラー化の進展と比較優位の国際分業

デジタル技術が製品設計の深部に介在した最初の製品がコンピュータであった。なかで

¹⁸このような潮流を生み出す背景にハイエクやミルトン・フリードマンの経済思想があるが、この二人を支えたのがアダム・スミスの国富論であると言われる。国富論では冒頭から分業化が持つ経済合理性が一貫して主張されている。この分業化をグローバル市場へ大きく拡大するきっかけになったのが1980年代のアメリカの産業政策であり、これと呼応したパソコン産業やデジタルネットワーク産業で興隆したオープン標準化である。

¹⁹これら一連の政策については、**宮田(2008)**から学んだ。

²⁰我が国でも中小企業の活性化・育成に力を入れているが、アメリカの教訓で言えば、製品アーキテクチャがモジュラー型へ転換した製品であってオープン環境で分業化されやすい産業でなければ、アメリカ的な意味でのオープンイノベーションが起き難い。中小企業やベンチャー企業の育成には、製品アーキテクチャの視点を取り込む産業政策が必要である。

もパソコンは、オープン市場で流通する技術モジュールとしてのマイクロプロセッサを製品設計の中核に据えていたこともあり、1980年代前期のアメリカで制定された独禁法の大幅緩和や国家共同開発法の制定などの産業政策に後押しされながら、デジタル化とオープン標準化とが結びつく最初の製品となった。²¹

1981年に世に出た初代のIBM PCと1984年に出荷されたIBM PC/ATは、通説のように最初からオープン化していたように見える。しかしながらオープン化されたのは回路図面とBIOSであり、製品として組み立てる場合に最も重要なノウハウとなるデータバスのタイムチャートやインタフェースの細部情報は、すべてIBMという企業の内部で閉じていて公開されていない。また基幹部品を外部調達する分業構造になってはいたが、全てIBMの特別仕様にカスタマイズされていた。したがって少なくともパソコンという完成品の内部構造はモジュラー型だったものの、メインフレームと同じクローズド環境のモジュラー型だったのである。

このような経営環境では、新興企業群が決して主導権を取ることができない。この閉鎖的環境を打開するために、まずオープン環境で標準化しようとした対象がISAバスであり、その後続くEISAバスであった。IBMではなく互換機メーカーが中心となり、しかもオープン環境で業界標準に制定したという意味で、1980年代初期のアメリカ産業政策を象徴する出来事だったのである。²² 以上のようにISAバスのオープン標準化が、完成品としてのパソコンをオープン環境のモジュラー型へ転換させた第一のステップである。

完成品としてのパソコンをオープンモジュラー型へ転換させた**第二のステップ**は、Bus Bridgeのコンセプトである。²³ これもIBMではなく、互換機メーカーであるコンパック社から提案された。コンパック提案のBus Bridgeは、既存のレガシー技術（主に周辺機器）に影響を与えず、すなわちそのまま使える互換性を維持し、その上で更にコンパックが独自にパソコンの性能・機能を進化させるための緩衝レイヤーであった。すでに巨大なインストール・ベースが出来上がったユーザ資産と既存のサプライヤーが作る周辺機器との互換性を維持することでネットワーク外部性を働かせ、その上でコンパックが生み出す独自のイノベーション成果をユーザ・メリットとして提供できるようになったのである。

ここからコンパックやインテルなどのベンチャー企業群は、独自の高速バスと高速プロセッサ（当時のi-360）を活用して、IBMとは異なる方向へパソコンの機能・性能を進化させた。パソコン産業が一種の自律分散型の技術イノベーションへ向かって歩みはじめた、と言い換えてもよい。これを可能にしたのが、割り込み処理とデータ・バッファリングの組み合わせで構成されたBus Bridgeであり、既存のユーザ資産（レガシー技術）と独自イノベーションとの相互依存性を完全に排除する機能を持っていた。技術モジュール相互の

²¹ 1章の脚注でも述べたが、IBM互換パソコンの内部バスの標準化は当時のアメリカだけで通用するものだったのであり、一種のデファクト標準的な性格を持つ。しかしながらその後これが全世界でビジネス上の実質的な標準となったという意味で、本章ではオープン標準化と国際標準化を同じ意味で使う。

²² 小川(2009b)の5章参照。

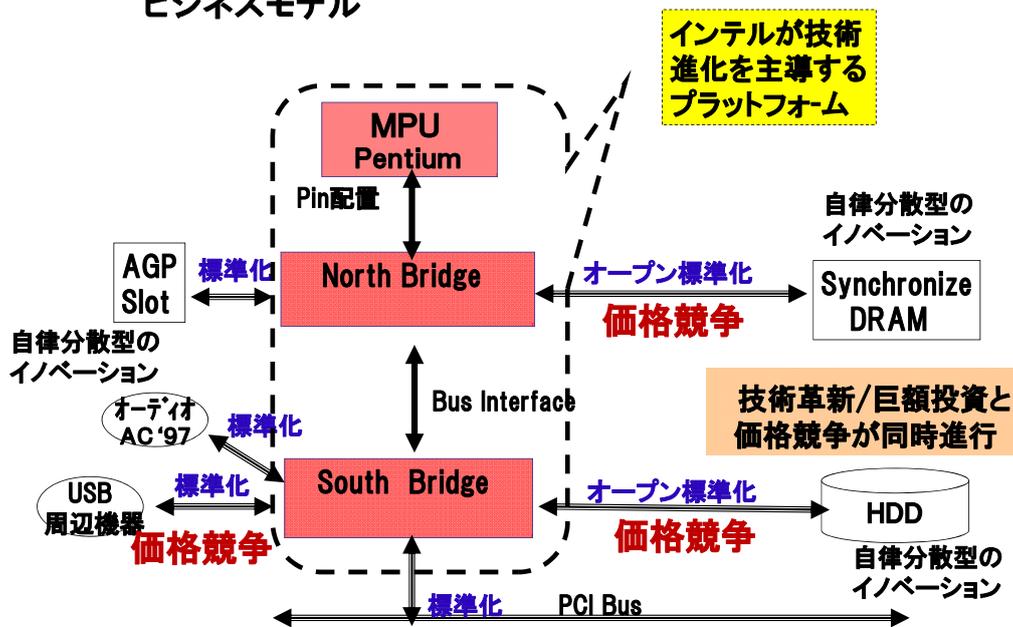
²³ 小川(2009b)の5章、図5.3参照。

依存性を完全に排除できる Bus Bridge の導入によって、完成品としてのパソコンの内部構造がさらにモジュラー型へと進んだのである。レガシー技術と新規技術の相互依存性を排除する Bus Bridge の登場によってはじめて、パソコンという製品の大量普及と高収益の同時実現がオープン環境で可能になった。

パソコンのアーキテクチャをオープンモジュラー型へ転換させた**第三のステップ**は、インテルによって仕掛けられた。インテルは、まず自社の付加価値領域（ブラック・ボックス領域）であるマイクロプロセッサ（MPU）ビジネスを競争相手から守る手段として、新たに North Bridge という緩衝レイヤーを生み出した。さらに既存の Bus Bridge を South Bridge というコンセプトに変え、これとインテルが開発した PCI バス経由で North Bridge に直結させた。

我々が特に注目すべき点は、オープン環境で標準化された PCI バスによって、North Bridge 周辺のイノベーションを、South Bridge 側へ影響を与えずに、すなわちインテル自身が自らの経営戦略だけで進められようになったことである。これを別の視点から言い換えれば、DRAM メーカーやハードディスク・メーカー、グラフィクス関連デバイスのメーカーが、インテル MPU 側から独立に、そして同時にレガシー・デバイスが繋がる South Bridge 側から独立に、自律分散型の技術イノベーションを起こせるようになったことを意味する。インテルが導入した 2 つの Bridge による相互依存性の排除が、実はそのままパソコンのアーキテクチャを更に細かなモジュールの組み合わせからなるオープンモジュラー型へ完全転換させる役割を担ったのである。

図1 オープン標準化を駆使したインテル社のプラットフォーム型ビジネスモデル



完成品としてのパソコンが、公差無限大のオープンインタフェースを介する完全モジュラー型に転換するタイミングから、今度はインテルの方が、逆に統合型へ向かって歩みはじめた。これが現在のインテル型ビジネスの原型となった図1のプラットフォームである。図1こそがインテル型ビジネスの原点であり、パソコン産業の完全モジュラー化を象徴する共通プラットフォームになった。その時期が1995年から1996年ころだったのである。

図1で我々がまず注目すべき点は、自社の技術ノウハウと知財で構成されるマイクロプロセッサ（MPU）およびこれに繋ぐ高速デバイス用のNorth Bridgeとの相互依存性を、更に強化した点にある。そしてまた、South Bridge（既存のデバイス用）さえ、PCIバスを介してMPUとの相互依存性を強化した。²⁴ これによって図1の点線で囲んだ領域が、実質的にブラックボックス化されてインテルに囲い込まれることになる。オープン・サプライチェーンの特定領域から独占範囲の拡大（統合化）に向かったと言い換えてもよい。

次に着目すべき点は、統合モジュールとしてのプラットフォームにつなぐDRAMメモリー、ハードディスク、グラフィック関連デバイスやUSBデバイスなど、全てのパソコン基幹部品で、その外部インタフェースがオープン環境で標準化されている点にある。これによって、インテルの付加価値が集中カプセルされた統合モジュール（図1の点線で囲んだ内部）は、他の全ての周辺機器とオープンインタフェースを介して単純結合することが可能になった。パソコンのオープンモジュール化がここで完成する

製品アーキテクチャのモジュラー化が進むと、パソコンの部品や材料とこれを作るための量産設備、さらにはパソコンの組み立てなど、バリューチェーンのそれぞれのセグメントが独立にイノベーションを生み出しても、そのままパソコンの機能・性能向上やコスト削減に直結する。パソコンという巨大産業の全ての技術体系を全く知らなくても、個別セグメントのイノベーションが産業全体のイノベーションに直結するようになったのである。同時これは、自律分散のイノベーションが、完成品としてのパソコンを構成するほぼすべての部品領域に拡大することを意味する。大規模な比較優位のオープン国際分業が、特に先進工業国とアジア諸国の間で大規模に進展する経済環境がここから生まれたのである。

例えばオープン標準化されたISAバスの登場によって初めて、ベンチャー企業群がIBMとは全く独立に、3.5インチのハードディスク側でイノベーションを起こすことができた。デジタルインタフェースがオープン標準化されていたからである。事実3.5インチHDDドライブの内部にアナログ変復調回路やコントローラ回路が全て内蔵されており、完全モジュール構造になっていたので、オープン規格のインタフェース仕様さえ守れば誰でも市場参入できた。ここから多数のハードディスク専門メーカーが、パソコン側と全く独立にイノベーションを起こすことができた。1980年代に世界で専門メーカーが80社以上もあったとい

²⁴ 1990年代の後半から図1のNorth BridgeとSouth Bridgeは、それぞれMedia Control HubおよびI/O Control Hubへと名称が変わり、更に進化し続けている。

う。日本からも多くの企業が 3.5 インチのハードディスク産業へ参入したが、富士通や日立、NEC などの伝統的な企業ではなく、いずれも初めてハードディスク産業へ参入する企業群であった。

また第 3 章や第 4 章で紹介するように、台湾のマザーボード産業や EMS 産業も、インテルが完成させた図 1 のプラットフォームを起点に大躍進する。韓国企業がパソコン用の DRAM メモリーで 1990 年代から急成長の軌道に乗ったのも、そしてパソコン用の CRT デスクレで台湾や韓国企業が躍進した背景にも、またパソコンへ内蔵する CD-ROM 装置や DVD 装置が大量普及しはじめたのも、オープンインタフェースを介して相互依存性を排除し、自律分散型の技術イノベーションが可能になった時点からであった。いわゆるオープンインタフェースを介した比較優位の国際分業とこれを起点にした自律分散型のイノベーションが世界中で始まり、高性能化・大容量化・高機能化と低コスト化が同時進行したのである。ここからパソコン市場が世界中で爆発的に拡大する。

3. 光ディスク産業に見るオープンモジュラー化の進展と比較優位の国際分業

3.1 マイクロプロセッサの性能向上とデジタルフィードバック制御の登場

製品アーキテクチャの視点から見たフィードバック制御とは、たとえ制御対象物の内部に異常（特性バラツキや経年劣化）があっても、あるいは制御対象物に外乱（例えばこれを使うシステム側の製造バラツキ、システム側の振動やノイズ、操作ミスなど）が重畳しても、これを検出してフィードバックしながら異常や外乱の影響を取り除くことであった。フィードバック制御が組み込まれた技術領域なら同じシステムの他の技術体系へ影響を与えない、と言い換えてもよい。この意味で技術モジュール相互の依存性を排除する効果を持つ。本来なら相互依存性の強いアナログ型の技術体系、あるいは機構系を多く含む技術体系であっても、個々の技術モジュールの組合せ型へと転換する機能を持つのが、フィードバック制御である。

CD-ROM 装置や DVD、携帯電話、薄型テレビ、白物家電に代表される電気機器は、回転機構技術や無線技術、アナログ回路技術などが製品機能の中核を占めることが多く、本質的にアナログ的な技術体系で構成されていた。またここに使われフィードバック制御も、1980 年代までなら全てアナログ型であった。アナログ型であればフィードバック制御を特徴付ける伝達関数（制御アルゴリズム）が固定されて自由に変えることが出来ない。したがってダイナミックレンジが非常に狭い。すなわち内部異常や外乱が小さい場合だけしか、単純組合せ型と見なすことができない。アナログ型のフィードバック制御では、完成品を構成する要素技術相互の結合公差が非常に狭い、と言い換えてもよい。

一方、デジタル型のフィードバック制御は、製品開発のプロセスでフィードバック制御のノウハウがファームウェア・モジュール群としてメモリーに蓄積されており、²⁵ 伝達

²⁵ ファームウェアを現在では組み込みソフトと呼ぶことが多い。

関数のパラメータはもとより伝達関数の構造そのものさえ、ファームウェアの入れ替えで自由自在に変えることができる。この意味で例え内部異常や外乱の幅が非常に大きくても伝達関数をダイナミックに変えれば、その影響が他の技術体系へ及ぼす影響を排除することができる。すなわちダイナミックレンジが非常に広がって、完成品を構成する要素技術相互の結合公差が実質的に大きくできる。この意味で、デジタルフィードバック制御は製品アーキテクチャをモジュラー型へ転換させる作用を持つ、と言い換えてもよい。²⁶

これまで語られたデジタル型とは、デジタル信号やデジタルインタフェースなどを示すことが多かった。しかしながらジェームス・ワットの蒸気機関を起点にして生まれた伝統的な機械技術中心の製品から現在のメカトロニクス製品まで、その中核を支えてきたのがフィードバック制御である。この中核技術にデジタル技術が介在することによる相互依存性の排除、すなわちモジュラー型への転換こそが、人工物の設計で極めて重要な意味を持つ。

この原理はかなり前から理解されており、コンピュータが誕生するとすぐフィードバック制御への応用が研究された。しかしながら複雑な伝達関数を介した一連のフィードバック制御をリアルタイムで処理するには高速演算が必要だったので、1970年代までは専用のミニコンピュータが使われていたのである。これがあらゆる製品領域に広がるには、超小型コンピュータ、すなわちマイクロプロセッサの登場まで待たなければならなかったが、1971年に誕生したマイクロプロセッサは性能が非常に悪くしかも高価だった。デジタルフィードバック制御が製品設計の基幹領域に採用されるようになったのは、性能が飛躍的に向上してリアルタイム高速処理できるようになり、そして価格が激減する1990年代からだったのである。

コンピュータの場合は、例え初期のころであっても、計算速度が人間より遥かに高速であってプロセッサの性能の遅さが問題になることは全くなかった。1980年代であっても、個人が使うパソコンなら表計算の速度が人間の処理スピードより遥かに高速である。また例え複雑な処理によって遅くなっても、メインフレームやミニコンではなく個人が一人で使うパソコンなら待てばよかった。

しかしCD-ROM装置やDVD、あるいはテレビや携帯電話は、処理時間がアナログ時代の技術仕様や人間の感性などによって決まり、マイクロプロセッサがこの時間内で高速リアルタイム処理できる性能になっていなければ、製品設計者はプロセッサを活用することができない。例えマイクロプロセッサをエンジンにするマイコンやDSPが家電機器で使われても、1980年代は用途が非常に限定的であった。家電機器のアーキテクチャをモジュラー型に転換させ、競争ルールを変えながら産業構造を一変させるには、超微細加工のプロセス技術に支えられた半導体側の技術イノベーションを待たなければならなかったの

²⁶ 図2の右側で、s1, s2, …、S1, S2, …は内部にデジタルフィードバック制御機能を持つ。データバスを介してs1, s2, …などからセンサー信号を受け、これを起点に制御信号を作り出すのが図2のマイクロプロセッサである。

である。

本稿が着目するマイクロプロセッサの性能は、半導体の技術革新に支えられて 1990 年代から飛躍的に進化した。例えば 1970 年代は性能が 0.07～1 MIPS (Million Instruction Per Second) であって、しかも 10 年でせいぜい 15 倍しか向上しなかった。1980 年代になっても 1～30 MIPS であって性能の向上も 30 倍程度であった。しかしながら 1990 年代になるとの 10 年間に約 100 倍以上も性能が向上する。特に 1990 年代後半には 500～3000 MIPS という驚異的な性能になり、同時にコストも激減してその用途が飛躍的に拡大した。光ディスク装置設計の深部にマイコンが介在したのも 1990 年代の中期からだったのである。

3.2 オープンモジュラー化の進展と比較優位の国際分業

1980 年以前のアナログ技術で構成される電機機器では、たとえフィードバック制御が使われていたとしても基幹技術相互の結合公差が非常に狭い。したがって要素技術・基幹部品が多層的なヒエラルキーを構成する場合は、必ず多面的に絡み合った相互依存性を排除できない。その様子を図 2 の左側に示した。ここに表現された部品相互あるいは部品と機能の多層的・複合的關係は、乗用車やデジカメにおける製品アーキテクチャと同じく“擦り合せ型”であった。²⁷ 例え製品設計側で努力したとしても基幹部品相互の結合公差が依然として非常に狭いので、設計技術・基幹部品技術、そして生産技術などの全ての技術体系を内部に持つ統合型の企業だけが市場参入することができたのである。

一方、製品設計の基幹技術領域にデジタル技術、すなわちマイクロプロセッサとファームウェアが介在するということは、²⁸ 基幹部品相互あるいは部品と機能の相互關係が図 2 の右側の構造になることを意味する。基幹部品が直接あるいは間接的にプロセッサのデータバスにデジタル結合されており、基幹部品の動作は全てプロセッサを動かすファームウェア・モジュール群によってフィードバック制御情報が生成されるのである。²⁹

例えば CD-ROM 装置であれば、フィードバック制御が対象とする光ピックアップが発するレーザ光の動きをセンサーが常に監視しているが、センサー情報はアナログなのでデジタル信号に変換してからデータバスを介してプロセッサ側へ送られる。そしてプロセッサの中のファームウェアは、アクチュエータの内部異常（性能のバラツキや劣化など）やシステム側の外乱（ここではディスク媒体の面ブレや偏芯）があっても、これをキャンセルする為の制御情報をリアルタイムで生成し、レンズで絞られたレーザ光を常にジャストフォーカスさせるという、光ピックアップが本来の持つべき機能・性能を正常状態に維持させる。

また他の部品に異常が起きる場合は、プロセッサとファームウェアがこの異常を補うようにそれ以外のフィードバック制御系を動かして全体を正常動作に戻す。あるいはユ

²⁷ 例えば小川(2009b)の 8 章、図 8.2 参照。

²⁸ 具体的には、マイコン、DSP、SystemLSI のエンジンとしてマイクロプロセッサを使う。

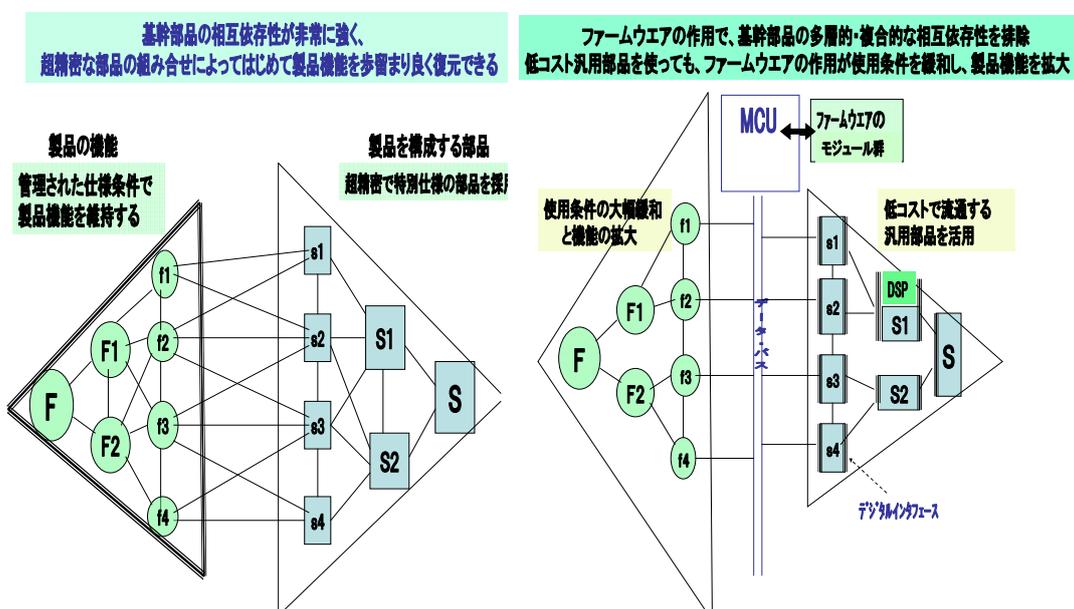
²⁹ パソコンの場合は図 1 や図 2 から明らかなように、メモリー機能や情報の入出力とその制御が全て MPU の外についている。マイコンではこれが全て MCU の中に取り込まれている。

一ザが操作を間違えて異状がおきても、プロセッサとファームウェアがリアルタイムにフィードバック制御の指令を出しながら、CD-ROM や DVD としてのトータルな機能・性能を維持する。言い換えれば、これらの一連の動作を保証するノウハウがプロセッサ側にファームウェア・モジュール群として蓄積されているので、製品設計のノウハウを自ら開発せず、これらの部品を調達して単純組立するだけで、完成品としての CD-ROM 装置を量産することができるようになる。

図2 家電製品のアーキテクチャ転換

1980年代のアナログ型

2000年代のデジタル型



CD-ROM 装置の設計にプロセッサが介在しないアナログフィードバック型の技術体系では、制御対象自身に許される特性バラツキが僅かであり、また CD-ROM 装置の組立製造バラツキも僅かしか許されなかった。したがって量産組立工程のひとつひとつが厳格な調整プロセスと検査プロセスの組合せによって構成されていた。アナログ型では基幹部品に許容される公差が実質的に非常に狭かったからである。正しく正確に微調整を行うための治工具やそれぞれの工程の検査装置は、全て設計部門や組立部門および生産技術部門・検査部門が連携し合いながら積み重ねた擦り合せノウハウの結晶である。またこれらに携わるスタッフやオペレータ(組み立て作業をする人)も、その企業が長年にわたる企業内教育で育成した人材である。この意味で、長期に渡る設計や組立の擦り合わせ型ノウハウを組織能力として蓄積した統合型の大規模企業だけが、CD-ROM 装置のビジネスに参入することができた。したがって、アジア諸国の企業が市場参入することはできなかったのである。1980 年代初期のサムソンや LG 電子も、そして台湾や香港、シンガポールの企業も例外で

はなかった。

しかしながらここにマイクロプロセッサが設計の深部に介在して、すなわちデジタルフィードバック制御が採用されて、基幹部品相互の結合公差が飛躍的に拡大すると、量産組立ての工程が一変する。結合公差が拡大して相互依存性が排除されるので設計・組立・生産技術・検査部門などの擦り合せノウハウが全く不要になり、企業内の内部コストが激減する。ファームウェア・モジュール付きの高速プロセッサが内蔵された IC Chipset(当時はシステム LSI が無かった)と他の基幹部品を購入するだけで、誰でも簡単に CD-ROM 装置を組み立てられるようになった、と言い換えてもよい。ここから基幹部品がグローバル市場で大量に流通するようになり、市場の利用コストも激減した。これが、アジア諸国企業が大挙して市場参入できた経営環境の到来であった。

パソコンの場合は基幹技術が最初からデジタル型であり、フィードバック制御が介在する技術領域も全てデジタル型だったので、基幹部品相互の結合公差が本質的に非常に広い。当初はクローズド・モジュラー型のアーキテクチャであったが、³⁰ 本質的に基幹部品相互の結合公差が非常に広いので、プロセッサのデータバスや周辺機器のインタフェースがオープン環境で標準化され、基幹部品のインタフェースと結合公差がオープン化されれば、全ての基幹部品が瞬時に伝播/着床する。技術体系の一部しか持たないキャッチアップ型のベンチャー企業であってもここからパソコン産業へ参入できるようになったのである。最初からデジタル技術で構成される製品/システムでは、オープン標準化だけが比較優位の国際分業を生み出し主要因であった。

21世紀の現在では、たとえデジタル技術が介在しなくても完成品の内部構造が疑似モジュラー型へ転換しやすくなって業界共通の規格が定着し、³¹ これを起点に日本と韓国・台湾・中国との間で比較優位の国際分業が急拡大する。公的な国際標準化ではなく、業界に自然に生まれたオープンなデファクト標準よって自律分散型の技術イノベーションが次々に起こり、高機能化と低コスト化が同時進行するようになるのである。その代表的な事例が太陽光発電や液晶テレビ、LED 照明などであり、韓国や台湾・中国の製造業の GDP を急成長させたのはいうまでもない。

4. 比較優位の国際分業が生み出す巨大市場とアジア諸国の経済成長

4.1 パソコン産業の国際分業とアジア企業の興隆

オープン標準化を駆使しながらインテルが完成させた図 1 のプラットフォーム登場によって、パソコンのアーキテクチャが完全なオープンモジュラー型へ転換した。また CD-ROM 装置も、デジタルフィードバック制御が取り込まれて図 2 の右側のオープンモジュラー型へ転換した。類似の現象が他の多くのエレクトロニクス製品に拡大して比較優位の国際分

³⁰ 小川(2009b)の5章。

³¹ 小川(2009b)の11章。

業が急拡大することは、これまで何度も繰り返した。これらはいずれも 1990 年代の中期に顕在化したのである。

例えば台湾のマザーボード産業や EMS 産業、ノートパソコン産業などが急成長したのが 1990 年代の中期以降であり、そして韓国や台湾の CD-ROM や DVD などの光ディスク産業や半導体産業も、同じように 1990 年代の後半から躍進する。技術の伝播/着床スピードが非常に速まったのである。背後で共通する特徴は、モジュラー型に転換した完成品/システムから躍進した点であり、そして人為的な比較優位の産業政策が集中する“設備主導型の産業”から躍進した点である。

台湾の貿易統計データによれば、1990 年から 1994 年までの 5 年間でマザーボードの輸出が 20 Billion NT\$ から 32 Billion NT\$ とわずか 15% 程度しか増えていないが、1995 年から 5 年間で 4.5 倍も急増し、1999 年には 170 Billion NT\$ の巨額になった。³² 2000 年には台湾のマザーボード生産枚数が世界の 70% を占め、2005 年には 80% を超える。1995 年以降の急増は、**図 1** の構造が完成する前後にインテルがマザーボード製造技術を台湾へ提供し、台湾がこれを世界中のパソコンメーカーへ提供したためである。Full Turn Key Solution として **図 1** のプラットフォームが提供されれば、台湾製のマザーボードにメモリーやハードディスク、ディスプレイ、キーボードなどを単純結合するだけで、世界中の人が完成品としてのパソコンを簡単に量産できるようになる。技術の伝播/着床スピードが更に速まって途上国の製造業の成長に寄与するのは言うまでもない。

台湾がマザーボードやパソコンのベアボーンから IC Chipset の製造、CRT ディスプレー、パソコン内蔵用の CD-ROM や DVD 装置と記録媒体の製造を担い、韓国が DRAM メモリーや CD-ROM, DVD 装置などの製造を担った。一方、日本やアメリカが擦り合わせ型のハードディスクや製造設備を、そしてアメリカが **図 1** の中核を占める MPU や Chipset およびオペレーティングシステムやアプリケーションなどのフトウェア産業を担ったのである。

形式知化されたオープン・インタフェースを介して比較優位のオープン国際分業がはじまり、世界中で自律分散型のイノベーションが次々に起きる。1980 年代にせいぜい年間 1,000 万台だったパソコン市場が 1995~1996 年に年間 6,000 万台となり、そのわずか 3 年後に 1 億台を超えた。2007 年に年間 2 億 5000 万台も出荷された。これが台湾などアジア諸国の IT 産業を飛躍的に発展させ、巨大な雇用を生み出しながらアジア経済を急成長させることになる。その背後で、新規技術の取り込めや新規産業の育成を目的とした経済特区や優遇政策など、製造段階で競争力の強化を図る産業政策があったのは言うまでもない。台湾政府は人為的・政策的に比較優位を作り出してグローバル競争力を支えたのである。³³

比較優位のオープン国際分業を象徴する EMS (Electronic Manufacturing Service System) も、パソコン・アーキテクチャの完全モジュラー化 (**図 1** の完成) によって驚異的な成長軌道に乗った。EMS は典型的な製造アウトソーシングであり、設計と製造が完全に分

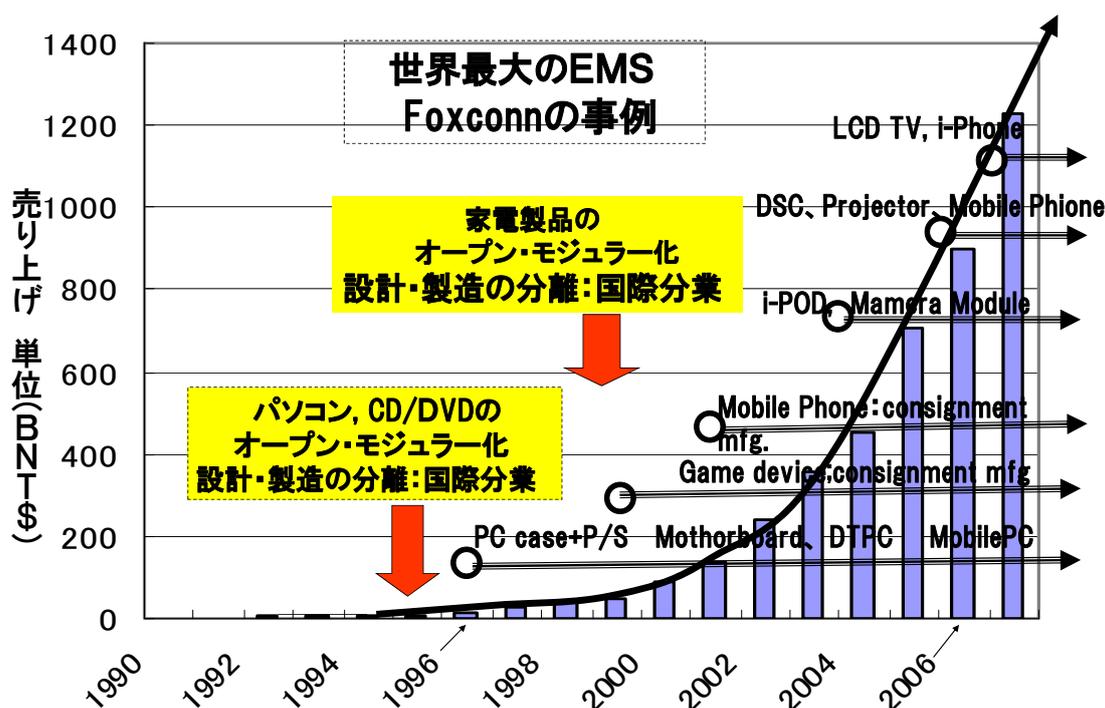
³² アメリカのドル (US\$) と台湾ドル (NT\$) の関係は、1992~1995 年で 1US\$ が 26~27NT\$、1996~2005 年が 29~30NT\$ であった。

³³ 例えば立本 (2009)。

離して初めて生まれる産業である。設計と製造の完全分離が起きていなかったら製造専門メーカーである Foxconn の出番は無かったであろう。

現在世界最大の EMS として名高い Foxconn は、IBM PC が世に出て 2 年後の 1983 年に創業した。当初から優れた金型技術を持っていたのでデスクトップパソコンの外枠製造を請け負っていたが、その 10 年後の 1993 年になっても売り上げが伸びず長期低迷を続けた。飛躍のチャンスが生まれたのは、インテルがパソコンのマザーボードとその関連部品の製造レシピを台湾企業へ一括提供し、設計と製造が完全に分離するようになった 1995~1996 年以降のことであった。単にパソコンの外枠だけでなく、ケースと電源とマザーボードを一体化したベアボーンとよばれる複合部品モジュールの量産を世界中のパソコンメーカーから受注しはじめたのである。

図3 オープン国際分業とEMSの興隆



出展: アジア経済研究所, 川上桃子氏のデータを小川が加工

その様子を図 3 に示すが、1990 年から 1994 年まで 25~50 Billion NT\$ の低いレベルで低迷していた売り上げが、1998 年の約 80 Billion NT\$ を経て 2002 年に 200 Billion NT\$, そして 2007 年は 1,100 Billion NT\$ (グループ全体では 1,400 Billion NT\$) という驚異的な売り上げを記録した。2007 年の売り上げ 1,400 Billion NT\$ は台湾の全 GDP の約 10% 以上にも達する驚異的な数字である。

Foxconn は設計と製造が完全分離する流れに乗って果敢に投資をし、1996~1997 年か

ら中国に巨大な工場を作り続けた。現在では、広東省**シンセン**、江蘇省昆山、浙江省杭州、山東省煙台、等が主要拠点である。特に**シンセン**工場は従業員規模約 20 万人という想像を絶する巨大な工場を建設し、ゲーム機、携帯電話、i-Pot, デジカメ、液晶テレビ、i-Phone の量産組み立てを次々に取り込み、**図 3** のような急成長を続けている。³⁴ いずれも**図 3** の○印を起点に新しい製品の組み立て製造を請け負っているが、このタイミングは擦り合わせ設計製造を必要とせず、少なくとも低コストの汎用品なら基幹部品の組合せで製品設計が可能になった時期である。設計と製造が完全分離する時期であったと言い換えてもよい。同時に中国の経済特区に設定された地方政府による徹底した優遇政策（優遇税制だけでなく、土地、工場、設備などの貸与なども含む）が圧倒的な低コスト大量生産という、製造段階での比較優位を支えたのはいうまでもない。自然発生的な比較優位ではなく人為的に比較優位を作り出していたのである。これによってその地域に巨大な雇用が生まれて税収が増え、そして中国のそれぞれ省や地方都市で産業興隆や経済活性化に大きく貢献することになる。

エレクトロニクス系の製品でいわゆる EMS などを活用するアウトソーシングが興隆した 1990 年代の中期から、設計と組み立てが互いに相互依存性の少ない技術体系へ機能分離していた。製品アーキテクチャが完全モジュラー型へ転換した後のパソコン産業やデジタル家電産業に見る国際分業とは、先進工業国とアジア諸国がグローバルな巨大市場でそれぞれの国が比較優位の得意技を生かしながら相互依存性を強めて行く姿であった。主に先進工業国の企業が擦り合わせ型のアーキテクチャを持つ先端の中核技術領域を担い、アジア諸国の企業が同じ産業のモジュラー型アーキテクチャを持つ領域に特化しながら低コスト組立製造という技術領域を担ったのである。

4.2 光ディスク産業の国際分業化とアジア企業の興隆

コンピュータ用の CD-ROM 装置を世界で初めて出荷したのは日本企業であり、1987 年のことであった。当時はまだマイクロプロセッサの性能が遅かったので、アナログフィードバック制御技術が採用されていた。したがって国際分業が生まれず、1991 年になって 90 万台、1992 年でも 180 万台にすぎない。普及スピードが非常に遅かったのである。

大量普及が始まるのはデジタルフィードバック制御用の IC Chipset が流通しはじめた 1994 年であり、一気に年間 2000 万台の市場へと急拡大する。1994 年は CD-ROM 装置用の IC Chipset がオープン環境の汎用部品として流通した最初の年であり、東芝から CD-X, EX シリーズとして出荷された。アナログ技術体系を一気にデジタル型へ転換させる役割を担ったのが、この IC Chipset だったのである。

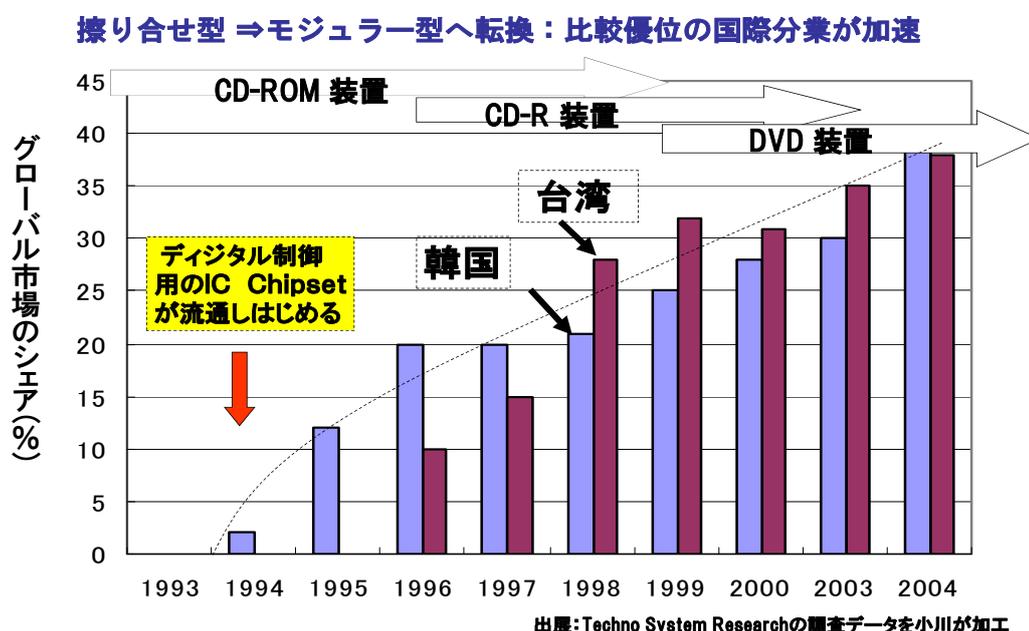
しかしながらデジタルフィードバック制御の IC Chipset を活用して大量普及を担ったのは、日本企業ではなく韓国や台湾の企業であった。その様子を**図 4** に示す。たとえば 1990 年代の後半からグローバル市場で圧倒的な市場シェアを持つに至った台湾のライトオン社

³⁴ 以上のデータや事実はアジア経済研究所の川上桃子氏にご教えた。

(Lite-on) やベンキュー社 (BenQ) および韓国のサムソン (Samsung) 電子やエルジー (LG) 電子は、いずれもデジタルフィードバック制御の IC Chipset がオープン市場で流通した 1994~1995 年から初めて市場参入できるようになった。これらの企業はいずれも、5~6 年後に売り上げ 1 billion US\$ を誇って巨大ビジネスを担うまでに急成長した。

その後、CD-ROM に続く CD-R や DVD など、全ての光ディスク装置にデジタルフィードバック制御が採用され、製品アーキテクチャが瞬時にモジュラー型へ転換した。そして同じように韓国や台湾企業がグローバル市場を支配したのである (図 4)。

**図4 製品アーキテクチャのモジュラー化によって
韓国・台湾企業がグローバル市場へ躍進**



オープン標準化とは、モジュラー型に転じた完成品で技術モジュール (基幹部品) のインタフェースとモジュール相互の結合公差を、ともにグローバル市場へオープン化することである。ここから製品を設計して量産に至るまでの企業内部コストが激減し、同時に市場を利用するためのコストの非常に低い経営環境が生まれる。³⁵ オープン市場で大量に流通する技術モジュールを調達して組み立て、完成品ビジネスへ参入するキャッチアップ型の企業群がここから興隆する様子は、図3や図4のデータから理解されるであろう。

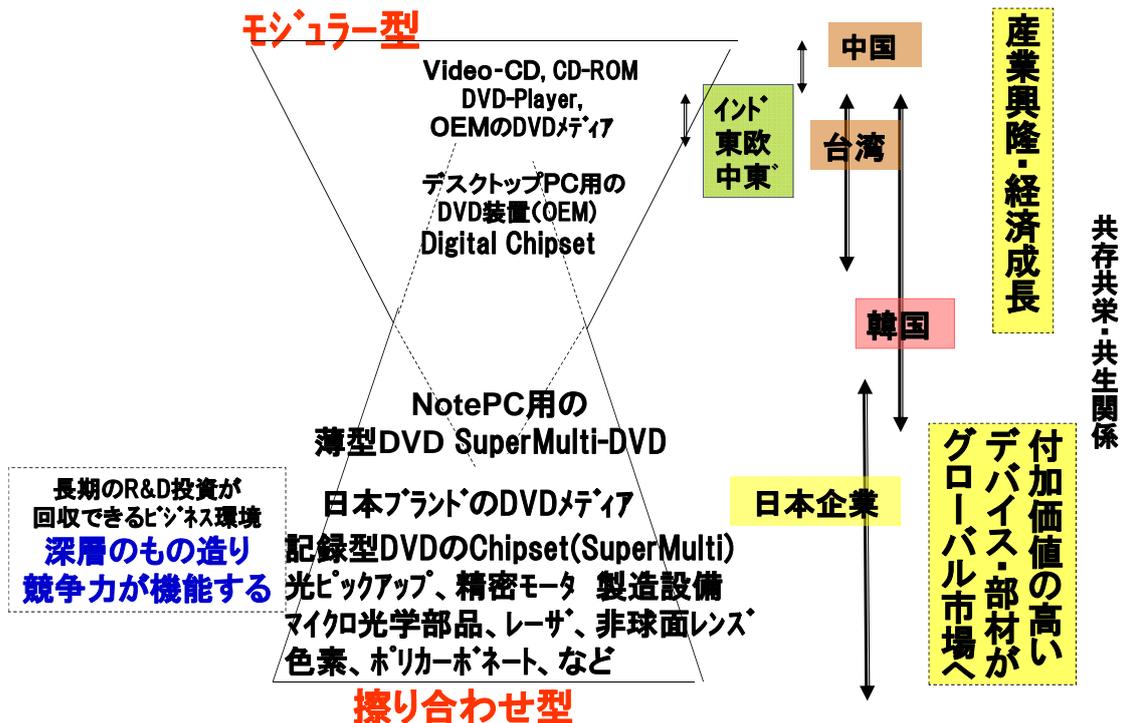
図5には、2006年の時点の光ディスク産業を例にとり、分業化されたグローバル・サプライチェーンのなかで、それぞれの国がどのようなセグメントを担っているかを模式的に示した。図から明らかなように、結合公差が飛躍的に拡大して基幹部品が大量流通するタイミングで、CD-ROM装置やDVDプレイヤーおよび記録型DVD装置という完成品のビジネ

³⁵ 厳密には、企業内で製品開発から量産に至るまでの擦り合わせ内部コスト (擦り合わせコーディネーションコスト) および、調達および調達のための契約コストや知財のコスト、情報の非対称によって生じるコスト、販売コストなどの市場利用コストも含まれる。これらの一部が小川(2010)で論じられている。

スを主導するのは、いずれも韓国、台湾・中国の企業であった。

その中でも基幹部品の結合公差が非常に広がった DVD プレイヤーでは、中国企業が世界シェアの 60%以上を占めていて韓国企業の市場シェアが小さい。³⁶ しかしながら結合公差の狭い領域がまだ残っている記録型の DVD 装置では、中国企業が未だに参入困難な状況にあり、韓国や台湾が世界市場の 80%を占めている。これが市場の実態である。

**図5 製品アーキテクチャのダイナミズムが作り出す
我が国とNIES/BRICs諸国の国際分業**



一方、光ピックアップやマイクロ光学部品などの基幹部品は、設計時に技術モジュールのインタフェースを形式知化し難く、たとえできて量産ラインを構成する各工程の許容公差が非常に狭いので、技術の全体系が一括して伝播しないと、実質的な技術伝播は起きない。そもそもこれらの部品・材料の内部構造に、デジタルフィードバック制御を活用できず、技術ノウハウがブラックボックスとして封じ込められやすいので、図5の下側に位置取りされる基幹部品や基幹材料は、光ディスク技術の全体系を持つ製造大国の日本だけが長期にわたってグローバル市場を席卷している。

これを韓国、台湾、中国の企業からみれば、内部コストとしての擦り合わせ技術開発・設計コスト、企業間の擦り合わせ協業による開発コスト、製造設備や製造工程の擦り合わせ開発コスト市場など、市場参入に必要なコストが非常に高い技術領域（図5の下側）に

³⁶ これは日本企業の中国工場ではなく、中国資本による中国工場の生産シェアである。表に出ているシェアは60%だが、部品の供給状況から見た中国企業のシェアは70%を超える。

位置取りされる技術体系であった。したがって技術は、このコスト高のために伝播も着床もし難い。³⁷ 伝播/着床しなければ途上国のビジネス制度設計や途上国企業を特徴付ける異常に低いオーバーヘッドなどの比較優位を發揮できず、先進国企業に対するトータルビジネス上のコスト優位を構築できない。韓国、台湾、中国の企業が、いずれも技術が伝播し難い図1の下側の技術領域を日本企業に任せて調達する、という比較優位の国際分業がこのような背景で生まれたのである。ここから初めて日本の擦り合わせ型技術体系が、韓国や台湾・中国の企業群が担うモジュラー型の製品/システムによって、大量にグローバル市場へ運ばれるようになった。³⁸ 国際標準化が基幹部品の結合公差を拡大して比較優位のオープン国際分業を生み出すことで、先進工業国とアジア諸国との経済的な共存共栄関係が強化されたのである。

このような経営環境は、国際標準化が介在するケースで例外無く観察される。³⁹ その代表的な事例がパソコンやインターネットであり、CD-ROMやDVDであり、そして携帯電話であった。実は、超精密な機構部品で構成され、典型的な擦り合わせ型アーキテクチャを持つ製品と言われたVTRですら、デジタルフィードバック技術が介在する1980年代の中期から国際分業が始まり、比較優位のオープン国際分業が生まれていた。⁴⁰ ここで擦り合わせ型ブラックボックス技術としての基幹部品を提供したのは、いずれも日本企業であった。

以上の事例からわかるように、デジタル時代の国際標準化とは、モジュラー型へ転換した完成品ビジネスへの市場参入コストが激減するグローバルな巨大市場で、それぞれの国が比較優位の得意技を生かし、国際貿易によって相互依存性を強めていく姿であった。そしてそれぞれの国が持つ比較優位は、製品アーキテクチャによって際立った違いを持っていたのである。背後で共通するのが、マイクロプロセッサとファームウェア（組み込みソフト）が人工物（本稿では製品/システム）の設計に介在による“技術モジュール相互の結合インタフェースの形式知化”であり、インタフェースの結合公差の飛躍的な拡大であり、そして形式知化されたインタフェースと結合公差のオープン化だったのである。

5. 比較優位の国際分業が生み出す巨大市場と台湾・韓国の経済成長

³⁷ ただしこれらの製造装置が流通すれば、たとえブラックボックス型の技術であっても、モジュラー化した完成品と同じ速度で伝播/着床する。

³⁸ 図3, 4, 5はこのような経営環境の到来によって初めて顕在化したのである。なお韓国のサムソン電子やLG電子は、21世紀になると自らの手でプロダクト・イノベーションを主導できる技術力を身につけたが、依然として擦り合わせ型の基幹部品や材料の多くを日本企業から調達する構図になっている。

³⁹ 例えば、小川(2009a)の第2章および第4章を参照のこと。図2から分かるように国際標準化が創る比較優位の国際分業は、DVDやパソコン、携帯電話といった同じ産業の中で生まれるものであり、古典的な定義と異なることに注意。また現在の国際分業は、製品アーキテクチャもモジュラー化に呼応してNIES/BRICS諸国が1990年代に制度設計した比較優位の産業政策によって顕在化するようになった。詳細は小川(2009b)の3章および立本(2009)を参照のこと。

⁴⁰ 小川(2009b)の1章、図1.14参照。

5.1 巨大市場の興隆

これまで紹介したパソコン産業や光ディスク産業と同じように、1990年代の初期に興隆したデジタル携帯電話でも、国際標準化によって比較優位の国際分業が生まれて、わずか15年後の2006年に30億人以上が使う巨大な文明装置となった。2010～2012年には、これが全人類の三分の二に相当する45億人まで拡大すると予想されている。国際分業が製品コストを劇的に低下させたからである。極貧に苦しむ開発途上国の人々がグラミン銀行の低金利・無担保の融資で携帯電話を買い、正しい市場情報を直接知ることによって、ささやかではあるが努力が報われるようになった。⁴¹ 国際標準化が途上国の経済活動を活性化する萌芽をここでも見ることはできるのではないかと。また個人が国際標準化を主導したインターネットは、大量普及の兆しが見えた1990年代初期から僅か15年後に年間4兆ドルの経済活動を生み出した。この4兆ドルという金額は、ほぼ中国全体のGDPに相当する（いずれも2006年の時点）。

1990年代の中期に、日本主導で国際標準化が始まったDVDも、デジタル携帯電話と全く同じスピードで瞬時にグローバル市場へ普及した。現在ではDVDの無いパソコンを手にすることすら困難である。DVDプレイヤーは、大量普及の兆しが見えたわずか5～6年後に70%以上が開発途上国の人々へ娯楽を運ぶ役割さえ担うまでになった。またデジタルカメラも日本企業が主導した標準化によって大量普及の軌道に乗り、日本企業の収益に多大な貢献をした。フィルムカメラが70年かけて作った年間3,700万台の市場をわずか6年で追い越し、12年後の2007年に1億台を超える巨大市場となって日本企業を潤したのである。

⁴¹ グラミン銀行については、ユヌス、モハマド（2009）

図6 デジタル化とオープン標準化の重量で市場規模が10倍以上に拡大

アナログ・デファクト標準化 擦り合わせ型の製品		デジタル・オープン標準化 モジュラー型へ転換した製品		
携帯電話	3,300万台/年 アナログ	12億台/年 デジタル	アジア 経済が急成長	
VTR	5,000万台/年	DVD		5億台/年
銀塩フィルムカメラ	3,700万台/年	デジカメ		1.3億台/年
		DSC		
		携帯電話用 カメラモジュール		7億台/年
アナログ・インタフェースのHDD	100万台/年	デジタル・インタフェースのHDD	5.3億台/年	
クローズド垂直統合		オープン国際分業		
デジタル化と国際分業がアジア経済を活性化させた				

6

以上を図6に要約するが、アナログ技術で構成された1980年代の携帯電話に比べて、オープン環境で多数の参加者が国際標準化に参加したデジタル携帯電話は、10倍以上の巨大市場をグローバル市場に創り出した。同じく世界の20ヶ国から200社以上が国際標準化に参加したDVDも、VTRの10倍という巨大市場を生み出したが、その普及スピードはデジタル携帯電話とまったく同じであった。国際標準化は10~30倍の巨大市場を出現させて先進国から開発途上国の経済を共に活性化させ、グローバル市場の構造や国の産業政策および企業の事業戦略に大きな影響を与える。世界中の国々が、そして世界中の企業が国際標準化を積極的に取り込むようになった背景が、ここにあったのである。

5.2 韓国製造業と台湾製造業の急成長

アジア諸国は1970年代になって経済成長がはじまったが、現在のような急成長軌道に乗ることはなかった。1987年にサムソン電子の二代目会長となるイ・ゴンヒ氏は、初代会長に隠れて1982年ころから密かに半導体事業(DRAM)を手掛けていた。その背景には、1980年代のアメリカが産業構造を強制的に転換させ、オープン標準化によって企業間分業が見え隠れするパソコン産業の興隆があった。本稿の2章で述べたように、1980年代の中期からパソコンの内部構造にオープン標準化が介在するようになり、基幹部品の結合インタフェースが徐々にオープン化されていった。ここからベンチャー起業が大挙して市場参入する。1980年代の中期でさえパソコンメーカーが100社以上もあったという。

資金力が無く、パソコンという巨大なサプライチェーンの特定セグメントに集中せざ

るを得ないベンチャー企業は、巨額投資が必要なDRAM開発に手を出すことができない。⁴² したがって必然的にオープン環境でDRAMメモリーを調達するビジネスモデルを取らざるを得ない。イ・ゴンヒ氏はここにDRAMのビジネス・チャンスがあると判断したのである。⁴³

しかしながら、それでもサムソンが今日のような急成長の軌道に乗ったのは、次々に仕掛けられるオープン標準化によってパソコン部品の相互インターフェースがオープン化され、基幹部品が大量に流通しはじめた1990年代である。⁴⁴ 1990年代になってほぼ全てのパソコン基幹部品でデジタルインターフェースが標準化されて多量に流通する。また本稿の**3章**と**4章**で述べたように、1990年代の後半から多くの家電機器で設計にデジタルフィードバック制御が採用されてモジュラー型に転換し、ここから基幹部品が大量に流通してオープン国際分業化が進展した。⁴⁵ このような経営環境の到来がサムソンをグローバル市場で飛躍させ、LG電子を飛躍させ、そして韓国製造業のGDPが急成長することになる。その様子を**図7**に示す。

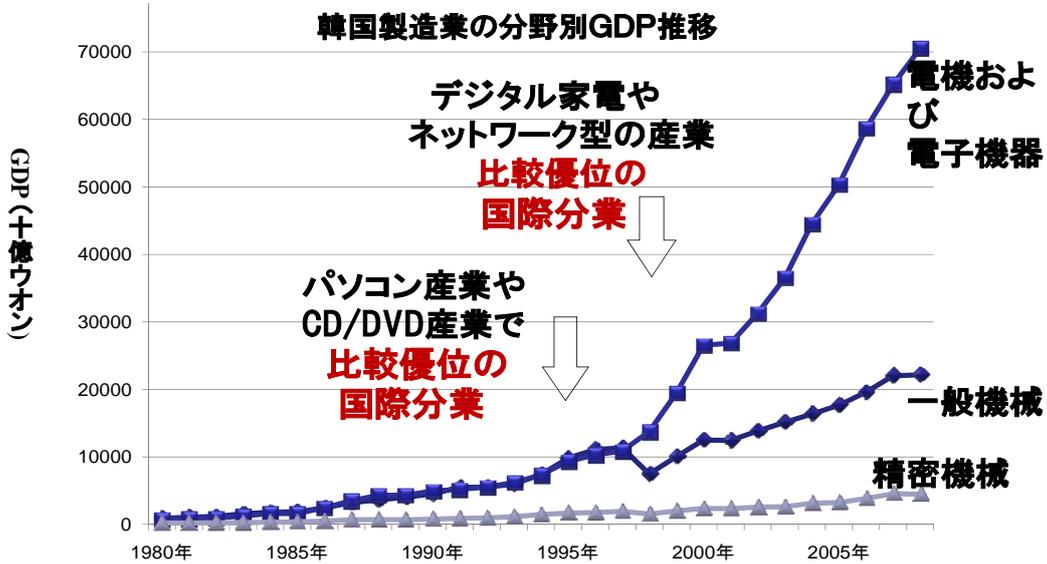
⁴² 1970年代に興隆したDECやWANGなどのミニコンメーカーも、ハードディスクやDRAMを外部調達するモジュール・クラスター型のビジネス構造を生み出していた。パソコンと大きく異なるのは中央処理装置としてのプロセッサをミニコンメーカーが全て独自開発した点である。パソコンメーカーは一部を除いて全て外部調達した。

⁴³ 当時の日本のDRAMメーカーは、1990年代の前半まで、メインフレームやミニコン、ワークステーションなどを主たる市場に考えていた。高い信頼性を必要とし、販売価格も高かったからである。サムソンは敢えて日本企業と競合する市場を避け、パソコン市場にターゲットを絞ったといわれる。1990年代になると、サムソンは日本企業と競合しない市場、すなわち開発途上国市場への展開を、すべての製品分野で徹底した。低コストビジネスで勝つ組織能力がここで養われ、その延長で欧米市場の日本企業を脅かす力を持つに至った。

⁴⁴ 白物家電で途上国市場へ大規模に参入したのも1990年代の初期であり、これがサムソンやLG電子などを飛躍させる大きな要因の一つであったが、その詳細は別稿に譲る。

⁴⁵ パソコンの製品アーキテクチャが1980年代の初期から1995年にかけてモジュラー型へ転換するプロセスについては小川(2009b)の**5章**を参照。その深層には、本稿の**2.2節**で述べるように、組み立て製造公差の拡大とオープン化があった。

**図7 韓国の製造業は比較優位の国際分業が進む
デジタル型の産業領域からGDPが急上昇**



7

パソコンなどのデジタル型の製品であれば、インターフェース規約の範囲なら基幹技術の結合公差が無限大になると同じ効果になる。したがって基幹部品の結合インターフェースがオープン化されれば、技術の全体系を持たない新興企業であってもパソコン・サプライチェーンの特定セグメントへ市場参入できる。サプライチェーンの他の技術体系を一切知らなくてもインターフェース仕様だけをガイドに設計・製造できるからである。たとえば1990年代の韓国にとって、パソコン産業に見る代表的な特定セグメントが DRAM メモリーや CD-ROM 装置であった。デジタル家電産業でも1990年代の後半から類似の経営環境が到来する。

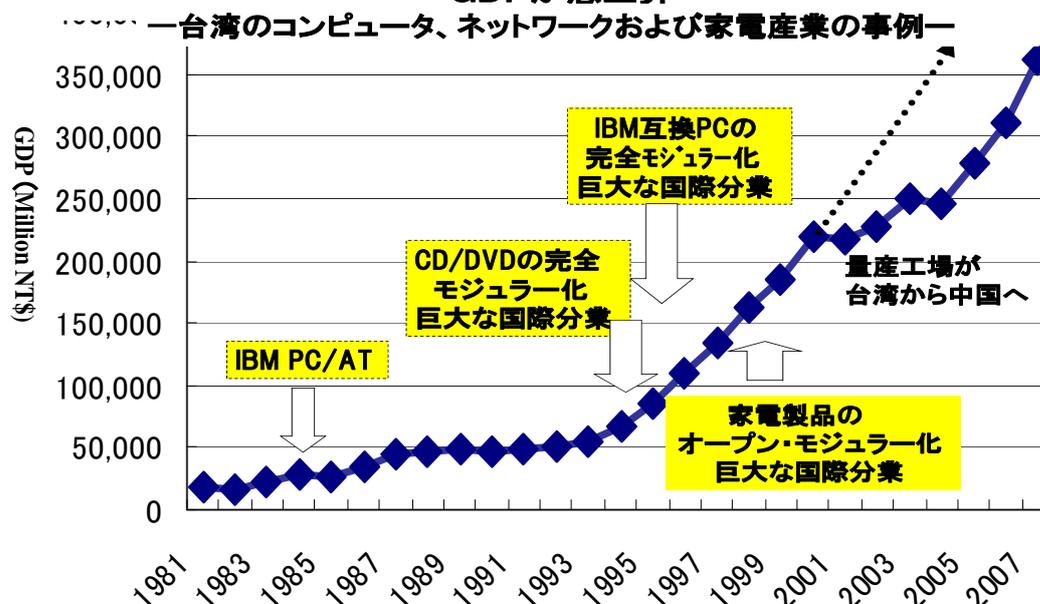
図7に示すように、韓国の電機・電子産業は、製品アーキテクチャがモジュラー型に転換して国際的な比較優位のオープン分業構造が現在化する1990年代の後期から、そのGDPを急上昇させた。しかしながら製品アーキテクチャがモジュラー型へ転換せず、したがってオープン国際分業が起き難い産業機械や精密機械などの領域では、GDPの急成長が観察されない。技術の伝播/着床スピードと比較優位の国際分業は、明らかに製品アーキテクチャによって左右されていたのである。

台湾も1970年代から経済成長の兆しは見たものの、1990年代の中期までエレクトロニクス産業が現在のような成長軌道に乗ることはなかった。本稿の2章や3章で述べたように、パソコン産業は1990年代の中期に比較優位のオープン国際分業が大規模に生まれるが、ここで台湾がマザーボードやパソコンのベアボーンから IC Chipset の製造、CRT デ스플레이、パソコン内蔵用の CD-ROM や DVD 装置と記録媒体の製造、そして大規模 EMS による低コスト製造で圧倒的な競争力を持った。

台湾の製造業の中で、特にデジタル型のエレクトロニクス産業に焦点を当てた GDP の変化を図 8 に示すが、1980 年から台湾のエレクトロニクス産業が長期低迷を続けた。1984 年に IBM が画期的なパソコンと言われた PC/AT を出荷しても、その後に ISA バスがオープン標準化されても、そしてコンパックを中心にした Bus Bridge 構造でパソコンがモジュラー型に近づいた 1980 年代の後半になっても、台湾エレクトロニクス産業の GDP が成長することは無かった。

急成長に転じたのは、完成品としてのパソコンが図 1 に示す完全モジュラーに転じた 1990 年代の中期であり、そして CD-ROM などのパソコン内蔵用の光ディスク装置が図 2 の右側に示す完全モジュラー型へ転じた 1990 年代の中期からだったのである。図 8 に示す 1995~1996 年以降の GDP の急成長がこのような姿として本稿の仮説を支える。

図 8 台湾の製造業も国際分業が進むデジタル型の製品分野から GDP が急上昇



出展：台湾行政院主計處ホームページのデータを小川が加工

エレクトロニクス産業（電機および電子産業）の GDP が台湾の全製造業の GDP に占める割合が、1990 年と 1995 年にわずか 2%と 2.5%に過ぎなかったが、2000 年には約 10%まで急成長し、2007 年には 15%を占めるまでになった。2001 年から中国大陸へノートパソコン関連産業の工場が移転されていなければ、これが 20%に近づいたと言われる。この GDP の伸び率は 10 年で 4 倍であり、図 7 に示す韓国の電機・電子機器製品がデジタル型に転じた後の成長と全く同じであった。これらの事実も本稿の基本的な視点を支える。

1980 年代にアメリカ政府によって推進された一連のオープン化政策が、まずパソコン産業を企業内のクローズド分業から企業間のオープン分業型へ転換させた。そして基幹部

品（技術モジュールで）の結合公差がオープン標準化される 1990 年代の中期から、パソコンも日本の光ディスク産業やデジタル家電も、そして欧米の携帯電話産業など、ほぼ全てのエレクトロニクス産業領域で国を超えた比較優位のオープン国際分業構造へ発展した。⁴⁶ここから台湾でも、そして韓国でも、まずはデジタル型に転換したエレクトロニクス産業の分野の GDP から、**図 7**や**図 8**に示すような成長軌道に乗った。

当然のことながら類似の経営環境が少し遅れて中国にも到来する。その背後に製品設計の深部にマイクロプロセッサとファームウェアの介在による製品アーキテクチャの大転換があり、ここに重畳したオープン標準化/国際標準化の作用があり、そして巨大なオープン・サプライチェーンの中の特定領域を選んでここに比較優位を作り出すアジア諸国の産業政策があったのである。

5.3 急成長と雇用拡大に貢献するビジネス制度設計

半導体デバイスはサイエンス型・プロセス型の産業であり、長期に渡る科学・技術知識の蓄積および多層的な人材を育成すること無くして大規模な産業まで育成することができない。しかも巨大投資を繰り返す産業である。この意味でパソコンや DVD などと明らかに異なり、オープン国際分業型の産業構造になったというだけでは、台湾や韓国の半導体産業が世界的な競争優位を持つに至った理由を説明できない。

アジア諸国は、1970 年代から 1980 年代に積極的な技術導入政策を取った。その基本的な考え方は、戦後の日本と同じように、まず外為法を使って外国資本の直接投資を規制し、その上で国内市場の開放や低コストの製造インフラを提供した。この見返りとして技術を移転させたのである。しかしながら台湾や韓国は自国内の市場規模が小さく、その効果は限定的であった。また多くの製品でアーキテクチャが擦り合わせ型だったために、技術の全体系を一括導入しなければならないが、先進工業国は一括提供に必ずしも積極的ではなかった。

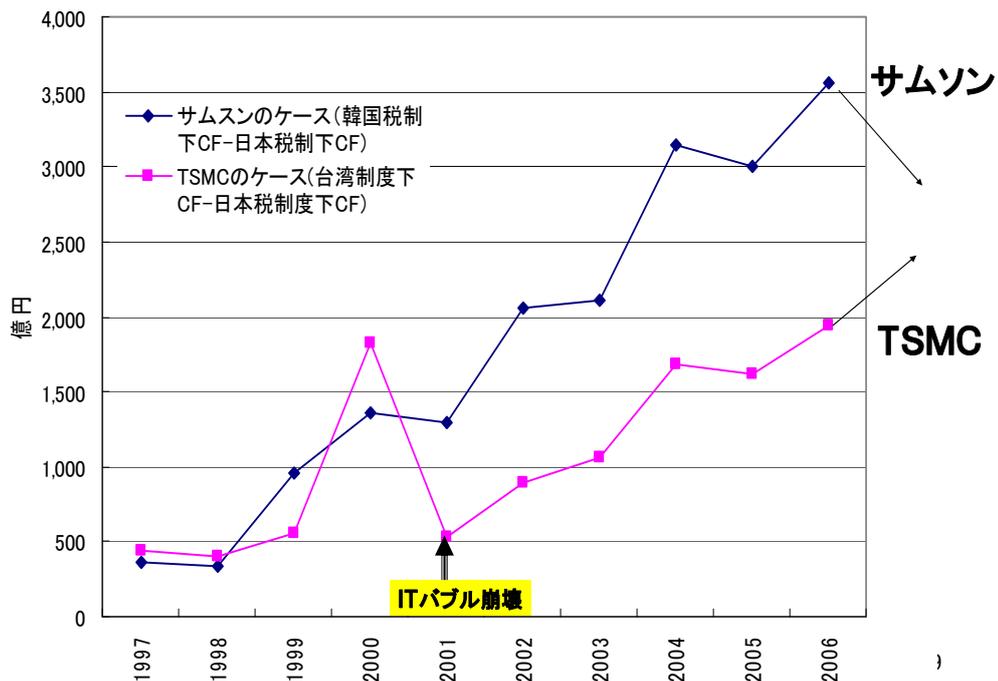
1990 年代になるとこの事態が一変する。製品/システム設計にマイクロプロセッサとファームウェアが深く介在して基幹部品相互の結合公差が飛躍的に拡大し、ここにオープン標準化/国際標準化が介在して設計と製造がオープン環境で完全分離するようになったからである。オープン化されたインタフェース（外部仕様）がグローバル市場で共有されれば、全ての技術体系ではなく、サプライチェーンの特定セグメントの技術体系だけ技術導入すれば巨大市場へ参入できる。そして長期の技術体系の蓄積や長期の人材育成を必要としないのであれば、短期間にグローバル市場へ参入できる。このような経済環境が顕在化するタイミングで特定セグメントへ国の優遇政策を集中させれば、たとえ開発途上国であっても非常に短い期間でグローバル市場の競争優位を築くことが可能になる。以上のような背景をもって生まれた産業政策が、人為的に比較優位を作り出すビジネス制度設計であ

⁴⁶ パソコンのインタフェースは 1990 年代の ISA バスのように、初期のころからオープン標準化によって部分的には公開されていたが、Full-Turn-Key-Solution 型のインタフェースとして公開されたのは 1995~1996 年ころのインテル・プラットフォームであった。

る。

代表的な事例として半導体のファンドリー（量産製造の専門工場）を挙げるができる。巨額投資に悩む先進工業国の企業に代わって半導体産業のファンドリーという特定産業の特定セグメントへ集中する優遇政策が、1990年代になって台湾などの産業政策に組み込まれるようになった。具体的には、設備主導型の産業で製品コストに最も大きな影響を与える減価償却費の割増償却や加速償却、あるいは新規設備導入に対する優遇処置や利益に対する大幅減税・免税などがその代表的な事例である。特に製品コストに占める減価償却費が初期に70~80%（日本の税制の場合）に達する半導体では、もし償却期間が1年であれば、理論的には翌年からコストが1/3以下になって圧倒的な価格競争力を持つことができる。また設備償却のために無理して工場を動かす必要もない。たとえ工場の稼働率が低くても工場原価や利益への影響は限定的である。

**図9 制度設計の違いで生まれる半導体ビジネスのキャッシュフローの差
日本の制度を基準にしたサムソンとTSMCの事例**



しかしながらこのような制度設計を取れずに償却期間が非常に長い日本では、たとえ売れ行きが悪くなっても償却費を吸収するために赤字覚悟で工場稼働率を上げざるを得ない。⁴⁷ ここから事業そのものが一気に赤字転落する。1995年から2004年までの10年間

⁴⁷ 日本企業の場合は、設備償却の問題以外に、工場で働く人々の雇用維持も大きな課題であった。雇用を守るためにも、工場を動かし続けなければならない。したがって、シリコン・サイクルの中で、価格が下落した底値の時期でも長期契約を結ぶことが多いので、市況が回復しても赤字が続く。一方、台湾や韓国の企業は、減価償却が終わっているので稼働率が極端に下がっても無理な注文を取る必要がなく(台

で、日本の半導体産業（トップ5社）のフリーキャッシュフローは、合計2兆円のマイナスであった（年平均で2000億円のマイナス）。

ビジネス制度設計が半導体ビジネスのフリーキャッシュフローに及ぼす影響を図9に要約した（立本、2009）。この図は、日本の制度設計で行う場合に比べて台湾のTSMCや韓国のサムソン電子がキャッシュフローでどの程度優位に立つかを、公開済みの財務諸表から試算したものである。1990年代からこの制度設計がすでに採用されていたが、その効果が2000年頃から顕在化したことが分かるであろう。2005年から2007年にかけて台湾のTSMC社は年平均で2000億円以上も、また韓国のサムソン電子は3000億円もキャッシュフローで優位性を持つに至った。制度設計がこれだけキャッシュフローに影響を与えるなら、日本企業がたとえ技術で優位に立ってもグローバル市場で決して勝てない。⁴⁸

2000年は日本が半導体産業の復権を目指して産学官連携のプロジェクト案を確定した年であり、2001年4月からASKA, DIN, MIRAI, HALKAなどと呼ばれる巨大な国家プロジェクトが、技術革新による競争力の強化を目指して次々にスタートしている。しかしながらプロジェクトが終了する2005年や2006年にこれを振り返ると、グローバル市場の競争力を左右したのは技術イノベーションではなく、比較優位のビジネス制度設計を強化するための産業政策側のイノベーションだったのである。

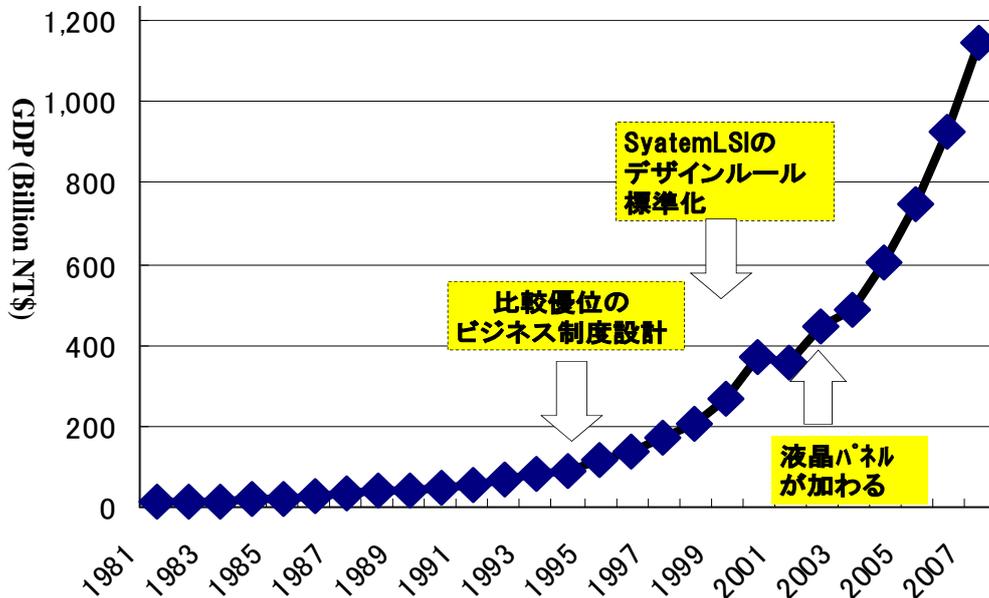
これが比較優位のビジネス制度設計の効果であるが、同じことが1990年代後半のCD-Rメディアや2000年以降の記録型DVDメディアでも観察され、ともに台湾メーカーが世界で60%以上の製造シェアを持つ。一方、国内に製造工場を持ってDVDメディアのビジネスを継続できた日本企業は、わずか1社にすぎない。そして圧倒的な技術力を持って国際標準を主導した日本企業の製造シェアが、インドと同じ12%になってしまった。類似の事例が2000年以降の液晶パネルや最近の太陽光発電セル、あるいは個体照明を支えるLED素子など、非常に多くの産業領域で同じように観察される。台湾以外にシンガポールやインド、そして中国も類似の制度設計を強化して自国産業の育成や雇用の創出に大きく貢献している。

台湾政府が成功させた比較優位のビジネス制度設計によって、半導体産業のGDPが1990年代の中期から急上昇に転じた姿を図10に示す。急成長に転じた1990年代の中期から10年で5倍以上という驚異的な成長を示しことが理解されるであろう。これを台湾製造業のなかで比較すると、半導体産業のGDPは1990年と1995年にそれぞれ全製造業のわずか2%と3%に過ぎなかったが、5年後の2000年には16%に、そして2007年には33%も占めるようになった。2002年ころから液晶パネルが半導体に加算されたデータになっているが、液晶パネルも半導体と同じように設備主導型の産業であって制度設計が国際競争力を決める大きな要因である。

湾のTSMCは稼働率40%でも黒字)、市況が回復すればすぐに高収益へ転換する。

⁴⁸ ビジネス制度設計が大きな役割を持つにはオープン分業型の産業構造が生まれていなければならない。半導体産業でこれを象徴する出来事が、設計と製造を分離させた1980年代初期のASIC型ビジネスモデルであり、1990年代末のSystemLSIのビジネスモデルであった。いずれもその背後に、半導体デバイスの設計ルールのオープン標準化があった。これについては小川(2007)の3章で少し言及している。

図10 台湾の半導体産業と液晶産業のGDP推移



以上、図9と図10から理解されるように、半導体や液晶産業を含むエレクトロニクス産業全体のGDPが、2007年には台湾製造業の全体の48%を占めた。台湾政府による比較優位のビジネス制度設計が台湾製造業のGDPを飛躍的に成長させ、そしてこの背景に比較優位の国際分業があったのである。

5.4 日本がアジアの成長と歩むために

21世紀の日本が成長するには、急成長するアジア諸国と共に歩む仕組みを構築しなければならない。アジアの成長が比較優位のオープン国際分業によってもたらされたのであれば、オープン国際分業型の産業構造を前提にした政策や事業戦略によって、アジアの成長を日本の成長と雇用拡大へ取り込む仕組みを考えなければならない。デジタル化やオープン標準化がグローバル市場に作る比較優位のオープン国際分業とは、先進工業国が途上国の経済成長と共に歩む仕組みだったからである。

確かに、同じ産業の中で比較優位の国際分業が起きていない産業なら、伝統的な統合型企業の多くはアジア諸国を単なる低コスト生産拠点としての位置付けでもよかった。しかし製品アーキテクチャが完全なオープン・モジュラー型へ転換する製品/産業領域では、必ず比較優位のオープン国際分業が生まれる。日本企業でこの兆候が顕在化したのが1990年代に中期だが、依然として伝統的な統合型の経営思想が支配していてアジア企業をパートナーと位置付けることは希であった。⁴⁹

⁴⁹ 省エネ型エアコンの世界的メーカーであるダイキン工業が、2008年ころから中国の格力社（ギャランツ）

確かに同じ産業の中でオープン国際分業が起きていない場合は、アジア諸国が価格競争の相手であり、あるいは単なる低コスト生産拠点としての位置付けで良かったかもしれない。しかしながら欧米諸国は、比較優位のオープン国際分業型産業の到来を既に 1980 年代から 1990 年代の初期に直面し、アジア諸国を競争相手では無くパートナーと位置付けるノウハウを身に付けた。アジアの成長を自国の成長に取り込む仕組みを構築したのである。

50

2010 年の 6 月に発表された日本の経済成長戦略で、環境・エネルギー産業が雇用と成長を担う重要産業に位置付けられた。課題先進国としての日本は、高度な省エネルギー技術開発に他国よりも先に取り組み、多種多様な技術イノベーションを生み出してきたからである。特に、これらを統合化しながら新興国の街づくりやインフラ整備支援をも視野に入れたスマートコミュニティー構想は、アジアが持つ潜在的な成長力を背景にした 21 世紀の日本と日本企業を方向付ける上で、極めて重要な役割を担う。

しかしながらここでは、世界で 100 を超える国際標準化グループが活動している。蓄電池単体ですら大規模な国際機関が標準化を主導しようとしている。この意味で日本が誇る蓄電池産業ですら、グローバル市場に比較優位のオープン国際分業が生まれるであろう。もし日本企業が比較優位の産業構造が持つ本質を理解せず、従来と同じ取り組みで市場参入すれば、たとえ圧倒的な技術力と知財を誇ったとしてもパソコンや DVD 産業、携帯電話産業が辿った同じ道を歩むのではないか。

国際標準化が作る巨大な環境・エネルギー市場を日本の成長と雇用拡大に寄与させるには、まず第一に標準化が作る比較優位のオープンな国際分業サプライチェーンを先行して事前設計し、日本の得意技が生きる領域を選んで集中しなければならない。しかしこれだけでは不十分である。最も重要なのは、ここからオープンなグローバル・サプライチェーンに強い影響力を持たせる仕組みを、事業戦略として事前設計しなければならない点にある。

⁵¹ 課題先進国として多種多様な技術イノベーションを他国よりも先に生み出してきたからこそ、サプライチェーン構造や事業戦略の事前設計が可能になる。もし事前設計せず、比較優位がもたらす競争ルールの変化を無視して従来型のモデルでブラックボックス化だけを言い続けるのであれば、必ずガラパゴス化へ向かうであろう。一方、オープン化や国際標準化だけを言い続けるのであれば、日本が誇る環境・エネルギー分野の技術が一瞬にして流出する。いずれの場合でも日本の雇用や成長に対する貢献は限定的である。

日本がこれまで語り継いだのは、ハードパワーとしてのものづくりであった。オープン標準化がグローバル市場に生み出す比較優位の国際分業を経験することが非常に少なかったためか、ハードパワーの成果をオープンな国際分業構造の中で高収益へ結び付ける仕

を完全なパートナーにしながら世界市場へ展開し始めた。その他、小川(2009b)の9章に紹介した三菱化学の事例も、国際的な分業構造の中で途上国企業をパートナーにしながら成功した代表的な事例である。

⁵⁰ 途上国と先進工業国が互いにパートナーとして協業し、ここからアジアの成長と共に歩むという事例が欧米に多く見られる。これらの詳細は別稿に譲りたい。

⁵¹ 例えば小川(2009b)の4章。

組み作り、すなわちソフトパワーは常に脇役に過ぎなかった。しかしながら 21 世紀の国際標準化が技術伝播速度を 10~30 倍も加速させ、瞬時に比較優位のオープン国際分業を生み出すという意味で、ソフトパワーとしての事業戦略無しにガラパゴス島からグローバル市場へ出航できない。

比較優位のオープン国際分業が作るグローバルなビジネス構造の全体系を把握し、自分たちのシナリオでグローバル・サプライチェーンを事前設計し、ビジネスモデルと知財マネジメントを駆使しながらサプライチェーンをコントロールする仕組みを構築し、同時に世界中の技術イノベーション成果を自国/自社の収益に直結させる仕組みを構築する、という一連の事業戦略こそが、国際標準化を推進する上で最も重要な経営ツールになったのである。我々がこのような経営環境に置かれていることを再度強調して本稿を終えたい。

参考文献

- 小川紘一(2007)、「製品アーキテクチャのダイナミズムを前提にした日本型イノベーション・システムの再構築」 東京大学ものづくり経営研究センター、ディスカッション・ペーパー、MMRC-J-184、2007年11月、
http://www.ut-mmrc.jp/dp/PDF/MMRC184_2007.pdf
- 小川紘一(2009a)「プロダクト・イノベーションからビジネス・モデル・イノベーションへ」東京大学知的資産経営・総括寄付講座 IAM Discussion Paper Series #001
- 小川紘一(2009b)『国際標準化と事業戦略』、白桃書房
- 小川紘一(2010)「国際標準化が創るグローバル市場の経営環境と日本型の企業制度が抱える課題」東京大学知的資産経営・総括寄付講座 IAM Discussion Paper Series #011
- グロスマン、ヘルプマン「イノベーションと内性的経済成長」、大住圭介監訳、創文社
- 斉藤修(2008)「比較経済発展論」、岩波書店
- 柴田友厚(2008)「パラダイム転換のマネジメント」p.198,
『技術潮流の変化を読む』児玉文雄編、日経BP社、第8章
- 立本博文(2009)「国際特殊的優位が国際競争力に与える影響：半導体産業における投資優遇税制の事例」『国際ビジネス研究』Vol.1, No.2,
- 戸堂康之(2008)「技術伝播と経済成長」、pp.3-24, 勁草書房
- 宮田由紀夫(2009)「アメリカの産官学連携—大学の有用性について」、土井教之編著
『ビジネス・イノベーション』、日本評論社
- ユヌス ムハマド(2009)「グラミン銀行の軌跡と奇跡」、『一橋ビジネスレビュー』、57巻1号、p.6

アジアの成長と共に歩む日本および日本企業の方向性

—ものづくり経営の新たな方向性を求めて(1)—

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

要約

世界の産業界は、1970年代に興隆したデジタル技術と欧米が強行した1980年代の産業構造改革が結び付き、1990年代に歴史的な転換期に立った。デジタル化とは単に技術のことではなく、産業構造や企業制度の大転換であり、アジア経済を急成長させるエンジンであり、アジアと先進国が比較優位の国際分業型へ踏み出すグローバル経営のパラダイムシフトだったのである。

本稿は、まず第一に、アジアの成長が技術伝播/着床スピードの非常に速い産業領域から始まった事実をデジタル型エレクトロニクス産業の事例で実証するが、同時にここから、伝播/着床スピードの遅い建設機械や複合型部品・材料などに巨大需要が生まれた事実について、多くの事例を踏まえて明らかにした。

第二に、人工物設計の深部にデジタル技術が介在して起きる製品アーキテクチャの大転換が技術の伝播/着床スピードを一変させる事実、そしてこれが競争ルールを変えてグローバルな産業構造にパラダイムシフトを起こし、国の政策や企業制度の在り方、ならびに組織能力やビジネスモデルも、全て再構築しなければならないことを強調した。アジア諸国の経済成長とアジア企業の躍進は、まさに技術の伝播/着床スピードが10倍から30倍も早くなったからであり、これがグローバル産業構造のパラダイムを一瞬にして変えた。

そして第三に、我々が進む方向性が“アジアの成長と共に歩む日本および日本企業”であり、その具体化に以下が必要であると主張している：

- 1) 技術伝播が起き難い産業領域への政策誘導を起点にした産業構造改革
- 2) 比較優位の国際分業を前提にした出口主導形産業政策への転換
- 3) 企業と市場の境界設計を起点に、全体最適を担うアーキテクト型人材の育成

アジアと共に歩む方向性を議論するには、製品アーキテクチャという抽象化された概念を起点にする従来型のものづくり論だけでなく、さらにここへ、技術の伝播/着床スピードの違いおよび人工物の設計の在り方という、経営現場や技術現場の視点も取り込む必要がある。これも本稿の基本メッセージである。

キーワード

アジアの経済成長、日本企業の方向性、人工物の設計、比較優位の国際分業、ものづくり、全体最適、アーキテクト、コマツ、建設機械、

アジアの成長と共に歩む日本および日本企業の方向性

—ものづくり経営の新たな方向性を求めて(1)—

目次

1. 途上国と共に歩みはじめた日本の建設機械産業

1.1 コマツの躍進

1.2 全体最適の経営リーダーシップを必要とするグローバル経営環境の到来

1.3 欧米諸国の産業構造転換と日本企業

2. グローバル産業構造の転換とアジアの成長

2.1 伝統的な成長論から見たアジアの経済成長

2.2 人工物の設計から見たトータル・ビジネスコストの激減と産業構造の転換

2.3 デジタル型エレクトロニクス産業から始まるアジアの成長と比較優位の国際分業

2.4 中国市場に興隆した建設機械の巨大需要とその歴史的背景

2.5 技術伝播から見たアジアの経済成長

3. アジアの成長と共に歩む日本の方向性

3.1 日本および日本企業の比較優位

3.2 伝統的なイノベーション政策の限界とものづくり論の適用限界

3.3 アジアの成長と共に歩むための処方箋

参考文献

アジアの成長と共に歩む日本企業の方向性 ⁵²

⁵² 本稿は下記の2論文が発する基本メッセージを「アジア経済圏の中の日本」というマクロな視点から拡張し、21世紀の日本と日本企業が採るべき方向性を提案するものである：

—日本型モノづくり経営の新たな方向性を求めて(1)—

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

1. 途上国と共に歩みはじめた日本の建設機械産業

1.1 コマツの躍進

コマツが途上国の成長と共に歩みはじめた。途上国市場の拡大が日本の建設機械産業を躍進させて韓国企業の伸びを止める姿は、パソコン、DVD、携帯電話、そして薄型テレビなどのデジタル型エレクトロニクス産業と、際立った違いを見せる。⁵³ 1980年代の建設機械は、世界の年間需要が10万台から18万台まで伸びた。特に日本市場の伸びが著しく、1989～1991年には世界の40%(約7万台)が日本の需要であった。この余勢をテコに1980年代以降のコマツは、1970年代の繊維産業や鉄鋼産業、1980年代の化学産業、電機産業など、他の多くの産業と同じように1970年代のアメリカ型経営思想の影響を強く受けながら本業脱皮を目指して多角化経営を模索した(コマツの場合は脱建設機械)。アメリカでも日本でも、多角化戦略で成功した事例は少ないが、コマツも例外ではない。⁵⁴

1990年代に入ると建設機械の需要が一転して低迷し、13万台から18万台の範囲で増減を繰り返した。⁵⁵ キャタピラーというコマツの強力な競争相手がいるアメリカで若干の市場拡大が見られたものの、世界の需要の40%を担ってコマツの収益を支えた日本市場は、1990年の7万台をピークに1999年の約3万台(世界の25%)まで急下降を続けた。1990年代初期のバブル崩壊によって建設ラッシュが終わったからである。日米欧を除いた途上国市場では若干の需要増があったものの、1990年代全体としては需要拡大が無かった。

したがって1990年代のコマツも長期低迷から脱出することができず、売上がせいぜい

-
- ① 小川紘一(2008a)「我が国エレクトロニクス産業に見るモジュラー化の進化メカニズム—マイコンとファームウェアがもたらす経営環境の歴史的転換—」、赤門マネージメントレビュー、第7巻2号、
 - ② 小川紘一(2009c)「製品アーキテクチャのダイナミズムと日本型イノベーションシステム—プロダクト・イノベーションからビジネスモデル・イノベーションへ—」、赤門マネージメントレビュー、第8巻2号、

⁵³ たとえば本稿の図10参照

⁵⁴ 財閥の復活防止を狙った1947年の独占禁止法9条によって持ち株会社制度が禁止になり、日本企業はサムソン型の企業統治ができなくなった。したがって、例え多角化へ向かおうとしてもダイナミックな展開が出来ずに中途半端に終わっている。この反省を受けて、1997年頃に純粋持ち株会社が合法化された。グローバル市場への展開を狙ったと言われる。しかしながらその後すぐ行われた会社法改正によって連結決算制度が強化され、本社の経理部門による関連会社への過度の経営干渉を生んだ。例え分社化されたとしても関連会社の独自性を結果的に削いでしまったのである。特に投資額の大きい半導体や液晶などに見る設備主導型製品で技術イノベーションの成果が日本の競争優位に直結し難くなった理由が、ここにもあったのではないか。グループの内部金融を基本にしてきた日本企業にとって、巨額投資と必要とする半導体デバイスや液晶パネルの事業に対する過度の干渉は致命的であったと多くの関係者がいう。三菱化学メディアが設備主導型の記録型DVDデスクで独自のビジネスモデル・イノベーションを構築できたのは、本社から独立した企業形態を、当時の小林社長(現三菱化学ホールディング社長)が徹底追及したためでもあった(小川, 2008bの第3章3.2節および小川, 2009aの9章)。小林氏の姿勢を積極的に支援した当時の社長の経営判断も、高く評価されるべきである。個々の事業が企業外に資金を求める外部金融ではなく、企業内(グループ内)金融を基本としながら関連会社を本社の経理部門がコントロールする現在の日本の企業制度では、例え多角化路線へ戦略転換しても必ず縮小均衡へ向かう。したがって強力なスタッフ集団を統治の中核に据えたサムソン型の多角化経営に対抗できない。

⁵⁵ 1980年代の末に18万台の需要

1兆2000億円以下、営業利益率も3%以下に低迷し続け、復興に向けた方向性が全く見えなかった。建設機械産業は遂に斜陽産業と呼ばれるまでになったのである。新たな成長の芽を求めて20年も推進した多角化路線が、1990年代の末になっても成功の兆しが見えてなかった。

コマツの躍進は2003年からはじまる。2002年から社長に就任した坂根氏は、最初にして最後であることを明言して1,000人を超える（全従業員の10%以上）大幅な人員削減を断行し、同時に1980年代から営々と続けた多角化路線も、本業の建設機械とシナジー効果を期待できないものを全て中止した。コマツという企業が持つ組織能力を最大限に発揮できる建設機械、更にはコマツというブランドを支えた建設機械だけにリソースを集中させたのである。⁵⁶

その出口は途上国であった。当然のことながらそれ以前のコマツも途上国重視を打ち出していた。坂根氏は、“自社本来の組織能力がすぐ理解できるビジョン”、としてコマツが進むべき方向を示しながら全てのリソースを建設機械へ集中させ、そして途上国市場へ集中させたのである。シナジー効果が出ない個別製品をデパート型に揃えた多角化路線では進むべき方向が定まらず、製品イメージと一体になった簡潔明瞭なビジョンを出すことができない。

2000年から2003年まで、コマツの売上がせいぜい1兆から1兆1000億円、営業利益率も1.3～2.6%に低迷していた。しかしながら2004年には1兆3500億円(7.1%)、2005年に1兆6100億円(10.1%)、2006年に1兆8900兆円(12.9%)、そしてリーマンショックが起こる前年の2007年には2兆2400億円の売り上げと14.8%の営業利益率を達成するに至った。また2007年には、日本市場の売上の僅か15%であり、約55%が途上国市場になっている（世界最大手のキャタピラー社は33%）。この意味でコマツは、確かに途上国の成長と共に歩み始めたのである。⁵⁷

2004年から大躍進に転じたコマツも、リーマンショックによって2008年と2009年に売上がそれぞれ2兆円と1兆円4000億円まで急落するが、2010年度から再び上昇に転じて売上1兆7600億円(23%増)と営業利益2200億円(利益率12.5%)が見込まれている。低迷した建設機械の需要が2009年で底を打ち、特に中国などの途上国で建設機械の需要が急拡大し始めたからである。

中国は、経済特区を起点にした低コスト製品の組立加工・輸出、という人為的な比較優位の構築によって経済成長を成し遂げた。しかしながらリーマンショックによる先進工業国の景気低迷によって輸出が大幅に減り、内需拡大に向けた大規模な政策転換を2009年から本格化させる。最も多くの雇用を生み出す産業領域として、自動車産業、道路建設、工場や

⁵⁶ 本稿は2010年の12月に基本構想を固め、2011年の正月休みと2011年の3月に文章化したものである。その後2011年4月に出版された坂根氏の著作（坂根、2011）を読んで事実関係の確認修正はしたものの、基本コンセプトは変えていない。

⁵⁷ コマツに関するデータは、高橋(2019)および綱川(2010)が2010年映像情報メディア学会年次大会(2010年9月)の発表で使ったPDFファイルから引用。

都市開発などの不動産/公共事業に多大な資金を投入したのである。⁵⁸ 特に自動車産業は、ここから第二次自動車ブームを迎えて2009年の生産が1360万台(世界のトップ)に達し、2010年には1,800万台へと躍進する。⁵⁹ 同時に道路建設を含む公共事業も急拡大し、建設機械の需要が急増しはじめた。事実、中国で2007年の建設機械の需要が6万5000台であったが、2010年に12万台となって世界の総需要(30万台)の37%に達する。当然のことながらコマツの売り上げも中国市場が全体の20%を超えた。

中国以外の途上国でも2003年ころから建設機械の需要が伸びはじめ、毎年11~15%の成長を続けた。中国を含むアジアの成長が天然資源需要の急拡大をもたらし、特に途上国へ偏在する鉱山で建設機械の需要が拡大する。この構図は、リーマンショック後であっても変わっていない。Next Elevenとさえ呼ばれることさえ無かった途上国にも、経済成長の連鎖反応が始まったのである。更にこの連鎖反応は、2010年のアメリカやロシアの鉱山活性化にも及んでいる。

1.2 全体最適の経営リーダーシップを必要とする経営環境の到来

① アジアの成長で直面する日本型リーダーシップの基本問題

アジア経済の急成長という経営環境の歴史的転換期に立つ現在の日本企業は、ビジネスの全体構造を把握した上で自社の方向性を簡潔なビジョンとして示す「アーキテクト型の経営者」が必須となった。その上で更にトップダウン型のリーダーシップが、アジアの成長と共に歩む方向へ日本企業の在り方を変えて行く上で極めて、重要な役割を担うようになった。

コマツの躍進を語るとき、これまで取り上げられたのは、ICTを活用するKOMTRAXシステムやアフターマーケットの部品・サービスビジネスであった。これは1990年代の多角化路線時代に、社内ベンチャーから生まれたCCS-NETコンセプトが起点となっており、坂根氏の社長就任直後の2001年から建設機械に標準装備された。赤字を覚悟した上での坂根氏の指示だったという。

しかしながら本稿で特に注目したいのは、局所最適の弊害を排除して常に全体最適へ誘導するアーキテクト型経営者としての坂根氏のリーダーシップである。1980年代から20年に及ぶ多角化路線は、確かにコマツの社内で多種多様な新規技術を生み出したが、その多くは本業の建設機械とシナジー効果を期待できないものであった。独立した個別製品をデパート型に並べる多角化経営は、1970年代のアメリカがそうだったように、技術のそれ自

⁵⁸ 自動車産業が国内雇用に多大な貢献をするのはどの国でも同じである。1990年代以降の日本で地方の雇用を維持したのは自動車産業であった。またインドでも同じである。インドは2006年から10年計画のAutomotive Mission Planを実行に移し、約4倍の4,000万人雇用を自動車産業で生み出そうとしている。高度人材しか雇用できないソフトウェア産業から、多くの領域へ雇用の波及効果を期待できる自動車産業へ産業政策の軸足を移したのである。2016年の自動車産業はインドのGDPの10%を遥かに超える予想されている(2006年の時点では5%)。

⁵⁹ たとえば本稿の図6参照

身だけでなくブランド/販売チャネルから見ても、シナジー効果が生まれない。⁶⁰ 企業が進むべきビジョンを具体的な製品/システムイメージで共有されないのであれば、そして多角化が内部に蓄積する技術モジュールがビジョンに向かって統合されないのであれば、局所最適を全体最適へリンクさせる作用が企業組織の中で働かないからである。⁶¹

確かに CCS-NET の基本コンセプトは、1990 年代の多角化路線から生まれてきたものの、これが建設機械のアフターマーケット・ビジネスとリンクして全体最適のシナジー効果を生み出すには、坂根ビジョンまで待たなければならなかったのである。したがってコマツの躍進は、KOMTRAX ではなく、むしろ坂根氏を語ることによってはじめて理解できる。⁶²

アジアの成長は、コマツ以外の多くの産業領域に対して躍進のチャンスをもたらした。しかしその成否は経営幹部の方向付けとリーダーシップに大きく左右された。アジアの興隆という経営環境の歴史的転換期に立つ現在の日本企業にとって、ビジネスの全体構造を把握した上で自社の方向性を簡潔なビジョンとして示すアーキテクト型の経営者が必要である。その上で更にトップダウン型のリーダーシップが、アジアの成長と共に歩む方向へ日本企業の在り方を変えて行く上で極めて重要になった。アジア諸国の経済成長とアジア企業の躍進は、まさにグローバル産業構造のパラダイムシフトだからであり、競争ルールが変わってビジネスモデルが一変したからである。

これまで日本企業は、いわゆる企業内の緊密な人的ネットワークやミドルマネージメントの自由闊達な議論、あるいは優れた現場の創発とこれを支えるミドルマネージメント層の濃密な相互作用（沼上ほか、2007）が競争優位をもたらす組織能力である、と言われてきた。その背景に、ボトムアップ型の意味決定を重視する日本の企業風土があった。確かに、進むべき方向性が明確であるか、あるいは先進工業国が示す方向を歩むキャッチアップ型企业であれば、ミドルマネージメントを起点にしたボトムアップ型意思決定が最も良く機能したのは間違いの無い事実である。

事実、この時代の日本企業を特徴付けたのがフルセット垂直統合型の企業制度であり、企業内の業務を細分業化し、業務のルーチン化を徹底することによって内部調整コストを低減してきた。しかしながらフルセット垂直統合型の中での企業内分業とルーチン化が経済合理性を持つのは、企業を構成するそれぞれの機能の（部門の）局所最適が全体最適に繋がるという前提がある場合である。そしてその前提は、産業構造が変化しないか、ある

⁶⁰ 1950年にアメリカ議会は「いかなる商業分野においても競争を減少あるいは低下させる合併は違法である」とするセラー・キーフォーバー法を制定したので、アメリカ企業は自社の得意領域と無関係な事業へ多角化する以外に成長の道はなかった（ウォルター・キーチェルⅢ、2010の第3章）。チャンドラーが1954年に出版した“現代の経営”や1962年の“組織は戦略に従う”では、多くのページが多角化に費やされている。そしてセラー・キーフォーバー法が無かったにもかかわらず、1960~1970年代の日本の経営者は、当時最新のアメリカ式経営に大きな影響を受けたのである。

⁶¹ 既存の事業とシナジー効果が生まれないのであれば、例えば圧倒的に優れた新規技術が多角化から生まれたとしても、本業と切り離れた別会社にしないと飼育殺しになって自滅する。その背景を脚注3で述べた。

⁶² CCS-NETを起点としたKOMTRAXシステムは、KOMTRAX単独ではなくコマツの本業である建設機械と連携するシナジー効果によってはじめて、サービスビジネスが軌道に乗ったのである。

いは伝統的な組織能力でも追従できるほどゆっくり変化すること、であった。

しかしながら、もし経営環境にパラダイムシフトとも言うべき変化が非常に短い期間で起きるのであれば、局所最適の集合体としての企業の意思決定で企業を経営環境の変化へ適応させることが殆ど不可能なのは、1980年代後半のIBMや1990年代のヨーロッパの伝統的大手エレクトロニクス関連企業、そして2000年代の日本の大手エレクトロニクス関連企業など、数多くの事例が証明している。更に言えば、デジタルカメラの登場によってコダックやアグファ、ポラロイドなどの企業が凋落した事例も、これを証明している。⁶³

一般に、企業を構成する組織（機能）が細分化され、そして業務がルーチン化されるのは、分業の方が圧倒的に経済合理性を持つからである。ルーチン化こそが分業化された組織間の擦り合わせ協業を無意識に排除して（不要にして）内部コストを小さくする、と言い換えてもよい。⁶⁴ アダムスミスに遡るまでもなく、分業とルーチン化は至る所で経済合理性を発揮する。

しかしながら、企業内の分業化とは、個別業務と隣接する部門とのインタフェースだけが他の関連部門と繋がる知識の範囲であり、更には個別業務の専門性が深まれば深まるほど企業全体の方向性との関係に留意する視野が失われる。ルーチン化がこの視野を更に狭めて限定合理性が深刻な問題となるのは世の東西を問わない。⁶⁵ ここから個々が担当す

⁶³ これらの欧米企業はカメラという産業が必要とする技術体系の一部（フィルム）を持っていたに過ぎない。フィルム技術という超擦り合わせ型であって技術伝播が起きない領域だけで部分最適を追求していたのである。擦り合わせを追求したのは日本企業だけで無かった。一方、日本にはカメラという製品に関する技術体系の全てを持ち、その上でさらにデジタルカメラに必要なエレクトロニクス技術全てを持っていたので、経営者がパラダイムシフトに気付いて対応するのが早かったのではないかと。その代表的な事例が富士フィルムである。フィルムの技術体系しか持たない上記の欧米企業は、パラダイムシフトに気付くのが非常に遅かったし、気付いても動けなかったはずである。ただし日本でも、デジタルカメラの基本技術開発に取り組み、そして市場開拓したのは、傍流にいた人々であった。大量普及に至る前まで、アナログ型技術の本流にいた人々から強い抵抗があったのは言うまでもない。なおデジタルカメラは、DVDや薄型テレビと違って典型的な擦り合わせ型であり、技術の全体系を丸ごとブラックボックス化しやすいので技術伝播スピードが非常に遅い。このような製品アーキテクチャ上の優位性がなければ、日本企業の成功がごく初期の段階で終わっていたのではないかと。DVDや薄型テレビは瞬時に技術伝播して日本企業の競争優位が失われた。

⁶⁴ 少し異なる事例ではあるが、例え超擦り合わせ型のアーキテクチャを持つ製品であっても、大部分の日本企業は、組立製造工程を徹底して細分化し、細分化された一つひとつの工程の中の作業を徹底してルーチン化することによって、中国の日本工場でも低コスト大量生産を可能にしている。この意味で、組織の経済合理性は、あるいは内部コストの低減に分業とルーチン化が必須であることは、21世紀の現在でも正しいのである。ただし工程の細分化と作業をルーチン化する仕組み設計・工程設計という擦り合わせ型の仕事は、やはり日本企業の生産技術者が担っていた。これらの擦り合わせ設計によって複雑な組立工程が個別工程の単純組合せ型へ転換されてしまえば、細分化された個々の工程でルーチン化された組立を担うのがごく最近まで農作業をしていた人々であるのはいうまでもない。非常に興味深いことだが、これが日本企業の中国工場でも可能になっているのであり、例えばFoxconnの中国工場（EMS）では実現できていない。その詳細は3章の3.1で議論する。

⁶⁵ 誤解のないように再度説明すれば、人工物を構成する基幹技術モジュールの結合公差が広くて相互依存性が無い場合は、ビジネスの全体構造を俯瞰しやすくなって限定合理性の境界が飛躍的に拡大する。個別業務の専門化が進んでも局所最適が全体最適に直結し易くなる、と言い換えてもよい。したがって専門化による視野の狭さは致命的な欠点にならない。その上でさらに、国際標準化によってインタフェースも結合公差もオープン化される場合は、分業型の産業構造がグローバル市場に広がり、ルーチン化によるコスト低減が世界の至るところでおきる。この意味で標準化とは、分業化やルーチン化と同義語なのである。

る業務の最適化、すなわち部分最適に集中するこそが全体最適に直結するはず、と多くの従業員が信じるようになるが、同時に業務がルーチン化する成熟期には、業務の一部だけしか経験しない人材が経営幹部となって全体最適の把握が更に困難になる。

以上のように、特に人工物を構成する基幹技術モジュールの結合公差が非常に狭いという、いわゆる擦り合わせ型のアーキテクチャを持つ産業領域では、限定合理性の範囲が無意識のうちに狭くなる経営環境が必然的に生まれる。⁶⁶ もしここでパラダイムシフトとも言うべき経営環境の変化が瞬時におきるのであれば、人智を超えて誰も対応できなくなるのである。⁶⁷

これはどのような産業でも、そしてどのような企業でも共通して起きる現象であるが、特にボトムアップ型の組織風土を維持したままのフルセット垂直統合型企業であれば、パラダイムシフトに対する対処は更に困難を伴う。パラダイムシフトにはアーキテクト型リーダーによるトップダウン型のリーダーシップを必要とするからであり、そして大規模企業であればあるほどルーチン化から脱出するために非常に強力なパワーとコストを必要とするからである。

② “適地良品・適地適価”の思想運動に直面する日本型品質の課題⁶⁸

その典型的な事例を、日本企業がこれまで考え得なかった“適地良品・適地適価”の品質思想、に見ることができる。大部分の日本企業は、フルセット統合型の企業制度の中で組織能力を磨いてきたために、そして意思決定がボトムアップの集合体であるがゆえに、急拡大するアジア市場参入で必須の“適地良品・適地適価”という品質思想体系へ転換できない。これを象徴する背景の第一に、そもそも品質第一主義を標榜する人々の間で、製品仕様と製造品質を峻別して議論する姿勢が全くない。それ以前に、設計品質と製造品質が区別して語られることさえ希である。例えば品質管理の総本山である日科技連の中でも、製造品質と製品仕様を区別して語る姿勢がほとんど見られない。⁶⁹ 大部分の日本企業

⁶⁶ 本稿の2.2節で述べるように、基幹部品の結合公差が非常に広く、しかもオープン・インタフェースで結合する製品の産業領域であれば、他の技術領域との擦り合わせ協業を原則的に必要としない。またビジネスの全体構造も俯瞰し易い。したがって、経営環境のパラダイムシフトが起きてもその対応が極めて容易である。一方、日本型ものづくり論は、基幹部品の結合公差が狭くインタフェースが暗黙知であって常に擦り合わせ協業を必要とする製品領域が議論の対象になってきた。結合公差が非常に狭く、インタフェースが暗黙知であれば、全体を俯瞰するために常に多くの時間と労力を必要とする。したがってアーキテクト型経営者によるトップダウン方式のリーダーシップが機能し難い。この意味でボトムアップ式の擦り合わせ型ものづくりが議論の中心になるのである。

⁶⁷ 1980年代から1990年代にパラダイムシフトを経験した欧米企業は、市場環境の変化を常に監視し、これを分業化・ルーチン化された内部組織で共有する仕組みを、巧妙なマトリックス型マネジメントによって構築してきた。1990年代までのマトリックス組織は内部資源の有効利用を目的にしたものであったが、現在では分業化・ルーチン化が陥り易い欠点を補うためにも使われはじめた。経営者の限定合理性ともいうべき能力の限界を、少数精鋭のスタッフ集団によるマトリックス・マネジメントによって補う仕組みになっているのである。この詳細は別稿に譲る。

⁶⁸ 日本が完成させた品質体系については、トータルなビジネス構造という視点で他国企業と比較しながら、別稿で紹介する。

⁶⁹ 日科技連は、仲間内で個人（長老）ヘデミング賞を与えるなど、長期に渡って本末転倒の活動を続けてきた。このような姿勢は、デミングの思想が本質的に内包していた品質管理のダイナミズムを失わせ、デ

で、品質とは製造品質/工場品質、という局所最適へ特化してしまったからである。ビジネスの全体コスト構造の中で品質を位置付ける柔軟な議論が殆ど無いのである。⁷⁰

更に言えば、基幹部品の結合公差が非常に狭いアナログ的・擦り合わせ型製品の品質思想と、非常に広くて相互依存性が殆どないデジタル的・モジュラー型製品の品質思想とを、ビジネスの全体コスト構造の中で峻別する風土も皆無ではないか。アナログ型製品とデジタル型製品の品質思想の峻別、その上でさらに製品仕様と設計品質の峻別や製造品質との峻別という柔軟な品質思想の重要性は、工場の視点ではなく市場や顧客の視点無くして理解できない。品質それ自身を自己目的にするのではなく、品質をビジネスの全体コストの中に正しく位置付ける上位レイヤーのマネジメント思想の追求が必要、と言い換えてもよい。

したがって、アジアの急成長というパラダイムシフトに正しく対応するには、工場に近い部門と市場に近い部門とが、共に“適地良品・適地適価”の方向性を共有しなければならない。方向性の共有には全体最適へ向かう品質マネジメント思想の再構築を必要とする。もし伝統的な日本的品質思想と適地良品・適地適価の品質思想が峻別されないのであれば、いかなる場合であっても製品仕様から切り離された製造・工場側の品質追求こそがコストダウンそのものであることを信じて疑わなくなるのは当然である。

ここで言う製造側/工場主導の品質とは、部分最適としての歩留/直行率の向上そのものがコストダウンへの道であり、そしてまた製品出荷後のフィールド障害を限りなくゼロにすることこそがコストダウンへの道であるとする品質思想である。このよう伝統的な品質思想が成立するのは、市場利用コストも内部コストも殆ど差が無く歩留/直行率がトータル・ビジネスコストを左右する場合（例えばハードディスクなど）、およびフィールド障害によって発生する製品回収コストがトータル・ビジネスコストの中で非常に大きな割合を占める場合に、成立する。伝統的な品質思想が21世紀の現在であっても、製品システムを支える基幹部品や人命に直結するユーザインタフェース関連、あるいは巨大なデータストレージシステムなどのように品質不良が社会システムに多大な影響を与えるケースでは、21世紀の現在でも、そして将来も正しいのである。これを再度確認したい。

しかしながら、瞬時に技術が伝播してアジア諸国企業が市場参入する途上国市場のデジタル型コンシューマ製品では、日本企業が当たり前発想する製造主導の品質思想が、一部のニッチ市場を除いて実ビジネスの競争優位に直結しない。そしてまた、適地良品・適地適価の経営思想が設計と製造部門に共有されなければ、たとえ経営トップが声高に途上

ミングを矮小化・形式化させてしまっている。しかしながら日科技連の指導者は、現在でもこの本質に気付いていない。一方、日科技連は品質管理に関する立派なマニュアルを長期にわたって作り続けてきた。確かにデミング思想を、工場というトータルビジネスのごく狭い領域に特化したこの品質マニュアルは、アジア企業が日本企業のレベルへ短期間に追い付く上で多大な貢献をした。しかしながら同時に、品質管理それ自身を自己目的にする専門家を日本の中に多数く生み出し、結果的に日本が将来に向けて創意工夫する品質ダイナミズムを失わせた。日科技連の品質思想は基本的に工場が起点であり、狭い意味のものづくり品質思想から脱皮できていない。

⁷⁰ 但しトヨタは、すでに1973年当時から、品質向上の目的が全体最適としての原価の低減であって品質それ自身が自己目的でないことを明言している。

国市場開拓を叫んでも、部門間の局所最適の組合せという伝統的な構造を変えることができず、グローバル市場から撤退を繰り返すことになる。途上国市場に向けた日本のコンシューマ型エレクトロニクス製品をみれば、この事実を容易に理解できるであろう。

日本企業に対峙する多くの海外企業が、“適地良品”の思想を更に進めた“体感品質”や“感性品質”という品質マネジメントを前面に出すようになった。⁷¹ 我々はこれまで、品質の追求こそがブランドイメージに直結すると考えてきた。そして日本の品質が韓国企業や中国企業より遥かに高いと言い続けてきた。しかしながら日本企業で韓国のサムソンに勝るブランド力を持つ企業は無い。特に途上国のコンシューマ市場なら、体感品質が低コストとブランドの維持を同時に実現できるという事実はもとより、同時実現のメカニズムが適地適価や適地良品・体感品質・感性品質という品質思想に裏付けられたものであることを知る人も、非常に少ないのではないか。

品質に関する上記のような思想転換は自動車産業でも例外ではない。多数のブランドを揃えたブランド別の“適地良品・適地適価”思想、あるいはユーザの感性に訴える感性品質などの品質思想へと、多くの企業が舵を切りはじめた。舵とりに成功した企業が途上国の成長を自社の収益に結びつけるメカニズム構築で成功しているのは言うまでもない。少なくとも海外の自動車メーカーが、すでに工場主導の品質至上主義を離れて“適地良品・適地適価”や“体感品質・感性品質”へ移行し終えたのではないか。⁷² その背後に、品質それ自身を自己目的にするのではなく、品質をビジネスの全体コストの中に正しく位置付ける上位レイヤーのマネジメント思想があった。アーキテクト型経営者のリーダーシップによる全体最適の追求思想、と言い換えてもよい。⁷³

日本の企業人で“適地良品・適地適価”思想の重要性を真っ先に訴えたのは、長年にわたってアジア諸国市場の前線に陣取る人々であった。しかしながら彼らが例外無く口にするのは、日本側が“適地良品・適地適価”というマネジメント思想を全く理解できない、という訴えである。局所最適としての製造品質、設計品質および設計基準を、例え経営トップでさえ、見直しも再構築もできなくなっているからである。

⁷¹ 21世紀のアジアで、デミングが本来持っていた品質管理思想のダイナミズムを現在でも維持・発展させている代表的な企業が、実はサムソンでないか。あるいは欧州自動車メーカーが生み出した独創的な感性品質という概念も、ダイナミズムが生み出す到達点に上げられるであろう。サムソンと欧州自動車メーカーは、いずれも工場を起点にした品質思想ではなく、顧客と市場を起点に、品質をトータルビジネス構造の中で俯瞰しながら全体最適へ方向付けるという姿勢の徹底によって、独創的な品質思想を生み出している。日科技連の品質思想は基本的に工場が起点であり、狭い意味のものづくり品質思想からまだ脱皮できていない。日科技連の品質思想から、体感品質や感性品質を超える発想が生まれることは、今後もないであろう。

⁷² 体感品質・感性品質を追求すべき産業領域と伝統的な製造品質の追求が全体最適に直結する産業領域との峻別については、稿を改めて論じる。

⁷³ 日本企業の中で、アジア企業の本格的な攻勢に直面して市場シェアを急落させた事例は数え切れないほどある。そのなかでもホンダの二輪車事業は極めて短期間に“適地良品・適地適価”の経営思想へ大転換させ、ここから途上国市場で圧倒的な競争優位を築いた。ここにアジアの成長と共に歩む日本企業の方角性があるのではないか。ホンダの二輪車事業は、主たる市場が途上国であっても10%前後という日本企業にとって例外的な営業利益率を誇って現在に至る。ホンダの二輪車事業については適地良品・適地適価への経営思想転換という視点から別稿で詳しく論じたい。

その背景にあるのが、業務の細分化であり、ルーチン化であり、そして無意識の内に企業としての意思決定が局所最適の集合体となっているからである。そして経営トップを含む誰もが、全体最適の視点に立つ適地良品・適地適価の思想を持ち得ないリーダーシップ環境に、置かれているからである。局所最適の集合体であれば、品質それ自身が自己目的になり、品質追求のコストをビジネス全体コストの中で位置付ける全体最適のマネジメント思想は生まれ難い。

日本でこのような企業風土が維持されるのであれば、企業としての全体最適の視点で品質を位置付けることが極めて困難となる。日本以外の企業が途上国市場へ参入する場合に当たり前のように推進する適地良品・適地適価への方向転換を、日本企業だけがまだ出来ていない背景がここにあった。

しかしながらアジアの成長が日本企業に突き付けているのは、まさに部分最適の集合体が全体最適へ直結しなくなるグローバル産業構造のパラダイムシフトであり、そしてまた戦後の日本企業が営々と培ったフルセット垂直統合型の企業制度と、ここでルーチン化されてしまった企業内の分業構造そのもの、の転換を迫る経営環境の到来だったのである。

この意味でコマツ躍進は決して偶然ではなかった。躍進の背景には、局所最適を排して全てのリソースを全体最適に結び付ける仕組みを作るアーキテクト型経営者の存在とその強力なリーダーシップがあったのである。局所最適の集合体で意思決定するボトムアップ型一辺倒ではなく、新たな事業展開に向けた方向性を常にビジョンとして示しながら全体最適に向けて方向付けするアーキテクト型経営者の、トップダウン型リーダーシップこそが、アジアの成長と共に歩む日本企業に強く求められるようになった、と言い換えてもよい。

品質を市場の側から定義して製品仕様を決める適地適品・体感品質・感性品質などの品質思想は、工場を起点に語る日本企業のそれと対極にある。この違いが、急拡大するアジア市場の競争力に決定的な影響を与える、という現実を我々は放置することができない。

74 デミングが繰り返し主張したように、“品質は顧客によって定義される”のである。

1.3 欧米諸国の産業構造転換と日本

フルセット垂直統合型の企業制度が経済合理性を失う経営環境は、第一に1980年代の欧米諸国が強行した産業構造の大転換によってこの世に生まれた。1970年代の二度に渡るオイルショックによって長期失業とすさまじいインフレにみまわれた欧米諸国は、1980年代からケインズ反革命やシュンペータ反革命とも言うべき社会経済思想やイノベーション

⁷⁴ デジタル型の製品領域で飛躍のチャンスをつかんだアジア諸国企業は、例外無く日本の品質専門家を招くが、彼らの多くが日科技連の品質マニュアルをバイブルにしてアジア企業の工場での品質管理を指導する。このような品質指導に携わってきた日本の専門家は、日本を“品質大国日本の勘違い”と揶揄するまでになった。彼らの指導によってアジア企業の品質が急速に向上してきたからである。中国最大のエアコンメーカー（格力）の生産ラインで作ったダイキン工業のエアコンは、日本の工場で作るエアコンの品質よりも良いという事実さえある。中国の格力で作る方がコストで圧倒的に安いのは言うまでもない。我々はこの現実を冷静に受け入れなければならない。

思想を政策の中枢に据え、ここから産業構造を強制的に変えた。⁷⁵ 多くの反対を押し切って変えざるを得ないほど厳しい状況に追い込まれていたからである。当時の欧米企業は経営環境のパラダイムシフトともいうべき歴史的な転換期に、日本よりも15～20年前に直面していた。

フルセット垂直統合型の企業制度が経済合理性を失う第二の理由は、デジタル技術が人工物の設計に深く介入したことであった。これまで何度か述べたように、そして本稿の2章2.2節で述べるように、デジタル化が人工物を構成する基幹技術モジュールの結合公差を飛躍的に拡大させ、規模の経済が企業内部から市場側へシフトしたからである。1970年代から、時代の巡り合わせで躍進しはじめたデジタル技術が1980年代になって欧米の産業構造改革と結び付き、まずデジタル型のエレクトロニクス関連から産業構造がオープン水平分業型へ転換する。IBMに象徴されるフルセット垂直統合型の企業制度が、コンピュータやネットワーク型産業で経済合理性を失い、経営危機に直面する背景がここにあったのである。しかしながら構造改革によって多数のベンチャー型企业群がアメリカに興隆し、1990年代以降のアメリカ経済を支えた。

1990年代のアメリカのデジタル・エレクトロニクス産業は、いずれも垂直統合型では決してなく、企業と市場の境界設計というビジネス思想を自ら考え出し、アジアの成長を自社の成長に取り込むオープン国際分業型の経営姿勢を追求していたのである。アメリカ（アメリカ企業）とアジア（アジア企業）との境界を設定し、ここからアジアを競争相手としては無くパートナーと位置付けるという上記のビジネス思想は、21世紀の現在でも変わっていない。ここから、アジアの成長を起点にしたグローバル産業構造のパラダイムシフトが生まれた。

類似の構造改革が1984年12月のルクセンブルグ宣言を契機にヨーロッパ諸国でも強行され、同じようにアジアをパートナーと位置付ける姿勢が、その後のヨーロッパ企業でやはりデジタル型のエレクトロニクス産業の中から、当たり前のビジネス思想となって現在に至る。デジタル型であれば期間技術モジュールのインタフェースが完全に形式知化されてしかも結合公差が非常に広いという意味で、産業構造がオープンな国際分業へ瞬時に転換する。低コスト製造を自国の（自社の）競争優位へ活用する仕組みを考えるという姿勢が当然生まれる。⁷⁶ このような経営環境のパラダイムシフトに対応できなかった欧州の

⁷⁵ そもそも、1970年代から1980年代の欧米諸国で生まれたケインズ反革命やシュンペータ反革命の思想運動を、当時の日本へ紹介されることは少なかったように思う。その上で更に、1910年代のシュンペータと1940年前後のシュンペータを区別した議論が、なぜか現在のイノベーション論でも殆ど無い。また当時のヨーロッパが政策の基幹に位置付けたハイエクの社会経済思想も、日本の政策の場で議論されることは希であり、通信ネットワーク政策の場で一部議論されたただけであった。ハイエクはケインズを批判し続けてノーベル経済学賞を受賞している。しかし日本には、シュンペータ信奉者とケインズ信奉者が圧倒的に多い。1970年代以降の欧米諸国と日本にみるこのような違いが、現在の日本の競争政策や産業構造改革にどのような影響を与えているかは、別稿に譲りたい。

⁷⁶ ヨーロッパ企業の多くは、1990年代からハードウェア・ブロックの単品ビジネスをアジアに任せ、これを自社の収益構造へリンクさせる仕掛けを構築するようになった。このような仕掛けは、デジタル型の組み込みシステム（ソフトウェア）が持つ基本的な作用によってはじめて可能になったのである。2007年から始まる欧州連合のFramework Program（世界最大規模の基礎研究機関）では、組み込みシステム

大規模企業は、1990年代の後半から2000年代の初期まで、デジタル型エレクトロニクスの産業領域から撤退していった。我々はこの事実を真摯に直視しなければならない。

一方、オープン分業型のグローバル経営環境が到来する兆候を目にした1990年前後のアジア諸国は、これに呼応したビジネス制度設計を再設計して1990年代末まで完成させた。急速に成長しつつあった当時のデジタル型エレクトロニクス産業の中で、比較優位の国際分業を自国の経済成長に取り込んだのである。⁷⁷これが1990年代後半以降のアジア経済を急成長させることになる。しかしながら、1970代からJapan as Number Oneと言われて圧倒的な競争優位を持った当時の日本は、産業制度の改革を全く必要とせず、伝統的な企業制度を保って21世紀の現在に至る。

この意味で日本企業は、後知恵ではあるが、アジアが成長しはじめる1990年代の後半から経営環境の歴史的転換期に立ったことになる。⁷⁸例え技術力や知財で圧倒的な優位に立ったとしても、部分最適の集合体から脱皮できなくなって市場撤退への道を歩む経営環境が、まず最初にエレクトロニクス産業から生まれたのは、製品アーキテクチャのモジュラー型への転換がデジタル型のエレクトロニクス産業から始まったからである。⁷⁹

以上の問題意識を背景に、次の2章では設計と製造が機能分離してオープン国際分業型へ転換し易いデジタル型、すなわち基幹技術モジュールの結合公差が拡大・オープン化して技術伝播/着床スピードが10~30倍に加速するモジュラー型の産業領域からアジアの経済成長がはじまったことを紹介する。また、アジア諸国がバランスの良い経済成長を継続させるには、その対極にある擦り合わせの技術体系が必要であること、そしてここから、技術の伝播/着床スピードが非常に遅い日本の擦り合わせ型産業に巨大な需要が生まれたことを紹介したい。斜陽産業と思いきや日本にいた日本の建設機械産業がアジアの成長によって復活し、そしてコマツが躍進する背景には、デジタル技術が製品設計の深部へ介入することでおきる基幹技術モジュール相互のインタフェースの形式知化と結合公差の飛躍的な拡大、更にはそのオープン化がエレクトロニクス産業の領域で起きていてアジア経済を成長させていたのである。

本稿では、高度10万メートルの視点に立つ伝統的なマクロ経済ではなく、企業人と同じ目線の高度1.5メートルの視点に立ってアジアの経済成長を考えてみたい。1.5メートルの目線で論じることによってはじめて、アジアの成長と共に歩む日本の方向性を企業経営

の基礎研究にナノテク関連と同等の巨額資金が投入されている。日本の国家プロジェクトには、このような方向付けがまだ見られない。

⁷⁷ たとえば小川(2010a)の2章

⁷⁸ たとえば、小川(2009a)の1章、**図1.6**でエレクトロニクス産業だけが異常な経営状況になっている事実、および**図1.7**で1995年ころからこの兆候が出てきた事実が本稿の主張の背景になっている。また本稿2章の**図2**と**図3**に示す韓国と台湾のエレクトロニクス関連産業が1990年代中期から急成長に転じる事実も、この主張を支える。

⁷⁹ たとえば小川(2008a)、小川(2009a)の1章、2章、3章および小川(2009c)を参照、また、IBMやゼネラルエレクトリック、ジーメンス、フィリップスなど、電機・電子産業に君臨した伝統的な企業群は1990年代の末から2002年ころまでに方向転換を終えていたが、日本の企業エレクトロニクス産業はごく最近まで方向転換ができなかった。

という視点で考えることができる。

デジタル化とは情報通信革命という技術イノベーションではなく、産業構造と企業制度の大転換であり、アジア経済を急成長させるエンジンであり、アジアと先進国が比較優位の国際分業型へ踏み出すグローバル経営のパラダイムシフトだったのである。

2. グローバル産業構造の転換とアジアの成長

2.1 伝統的な成長論から見たアジアの経済成長

科学・技術がマクロ経済モデルに取り込まれたのはごく最近のことであった。その代表的な事例が外生的成長理論と内生的成長理論である。前者は、それまで考えられていた労働力や工場・設備への投資よりも、技術それ自身の方が遥かに大きな影響を経済成長に与える、と主張する理論である。アメリカ科学アカデミーの提言書に“経済成長の85%は技術革新による”という趣旨の文章が書かれているが、外生的成長理論の提唱者である Solo が1957年に導いたのが87%であった。⁸⁰ しかしながらこのモデルでは、技術の進歩が企業の経済活動とは無関係に創出される知の蓄積の派生物、あるいは時間的・空間的に外部から伝播してくる派生物である、と仮定されていた。

技術を外生的にとらえるこの考え方は、人類共通の課題を解決するためにオープンな基礎研究が重要である、という主張を支える。⁸¹ そしてまた、技術蓄積の少ない途上国が先進国から伝播する技術を活用しながら経済成長するという、1990年代後半から顕在化したアジアの急成長を、結果的に説明する理論となった。

一方、1980年代の中期に提唱された Romer の内生的成長論では、技術開発それ自身が市場経済に組み込まれており、自ら研究開発投資をして技術を蓄積し、人材育成・学習および経験などを蓄積して技術レベルが高めることが競争優位や経済成長に貢献する、と位置付けられた。日本を含む多くの先進工業国が科学・技術予算を急増させる思想的な背景も、ここにあったのである。しかしながらこのモデルでは、巨額投資によって独創的な技術が生まれ、世界の人々に受け入れられる新製品を開発できれば競争優位や成長に直結する、というリニアモデルが暗黙の内に仮定されていた。

したがって国や企業の役割は、研究開発資金の投入という供給サイドを主導し、技術イノベーションを加速することであった。製造段階で競争優位を築くための“行政側の出口政策”はもとより、研究開発投資が生み出す技術成果や知的財産を競争優位へ転換させる“企業側のビジネスモデル”、が強調されることは希であった。

ここで我々が再度留意すべき点は、なぜ技術蓄積の少なかったアジア諸国が自国内の市場ではなくグローバル市場で、しかも極めて短い期間に大躍進するようになるのか、なぜこれが設計と製造が分離し易い産業やデジタル型のエレクトロニクス産業で最初にしか

⁸⁰ 87%は Solo 残差と呼ばれていたが、その後の研究者が理論を拡張しながら全要素生産性という言葉を使って今日に至る。

⁸¹ たとえば文科省によるへ版の科学技術白書で、Solo モデルの中核となる Solo 残差、後の全要素生産性、を前面に出して科学技術の重要性が主張されている。

も大規模に現れたのか、そしてなぜ 1990 年代の後半から比較優位の国際分業が同じ産業の中に現れたのか、なぜここからアジアが急成長するようになったのかなどを、上記の理論体系から必ずしも説明できない、という事実である。更には、アジア諸国の企業が先進工業国企業の競争相手としてではなく、なぜ先進工業国のパートナーとなってビジネスチャンスを手にすることができるようになったのか、も説明できない。そしてまた従来の理論では、21 世紀になって擦り合わせ型の技術体系からなる先進国企業に対する需要が急増する理由を合理的に説明することが困難であり、斜陽産業であったはずのコマツが再び大躍進する経営環境の到来も説明できない。本稿ではこの問題を企業の技術者と同じ目線に立つ人工物の設計という視点から考えてみたい。

2.2 人工物の設計から見たトータル・ビジネスコストの激減と産業構造の転換⁸²

企業の技術者から見た人工物の設計とは、複雑に絡み合った技術モジュールの相互依存性を排除し、モジュールの単純組合せだけで人工物を量産できるようにする一連の行為である。量産製造工程を多数の工程の単純組合せからなる分業工程へ転換する為の一連の行為が人工物の設計である、と言い換えてもよい。部品相互の結合公差と量産工程の組立公差が設計部門から与えられ、これを管理パラメータとして守るのであれば、この公差の範囲内でなら製造工程がモジュラー型（工程の単純組合せ）へ転換されたことと等価になるためである。

一般に設計の深部にデジタル技術（マイクロプロセッサと組み込みソフト）が介在する場合は、人工物を構成する技術モジュールのインタフェースを形式知化し、そして技術モジュール相互の結合公差を飛躍的に広げる、という作用を基本的に持つ。ここで結合公差が非常に広ければ相互依存性が非常に小さくなるので、基幹部品（技術モジュール）が汎用品として大量に流通する。また基幹部品相互の依存性がほとんど無いのであれば、例え技術蓄積の少ない途上国企業であっても、流通する部品を調達して組合せるだけで製品市場への参入が可能になる。組立工程の許容公差が非常に広いので、特別の生産技術や製造技術、品質管理ノウハウがなくても、完成品という人工物をそれなりの品質で量産できるからである。⁸³

特にここへ国際標準化が介在すれば、結合インタフェース仕様も結合公差もグローバ

⁸² 日本のビジネスシステムに対する評価は、アメリカの経営学者やアメリカのビジネスメディアに大きな影響を受けて来た（青島、武内、クスマノ（2010）の 1 章）。例えば 1980 年代も 1990 年代も、そして現在でもビジネスシステムが本質的に何も変わっていないのに 180 度異なる評価に変わったのである。筆者が人工物の設計の在り方、すなわち完成品/システムを構成する基幹部品の相互結合公差という客観的な指標を起点に日本と日本企業の方向性を論じる背景がここにあった。デジタル化によって公差が飛躍的に拡大し、ここから日本企業を取り巻くグローバル経営環境が変わった、というのが本稿の主張である。

⁸³ 基幹部品を調達しながらこれらの単純組合せによって作る完成品では、非常に小さい付加価値しか残らない。したがって途上国企業は、オーバーヘッドを小さくしたり政府によるビジネス制度設計を活用して製造コストを下げるなど、トータルなビジネスコストを下げることで価格競争力を持たせることに徹するようになる。これが途上国企業の基本的なビジネスモデルである。したがって基幹技術モジュールの結合公差が拡大してモジュラー型へ転換し、技術伝播/着床スピードが加速する産業領域では、オーバーヘッドが非常に大きい先進国の企業が途上国企業にコスト競争に勝つことはできない。

ル市場へ公開されるという意味で、それぞれの部品で製品設計（人工物設計）の擦り合わせ調整コストも製造コストも、そして調達コストも全て劇的に下がる。自社内部で業務の分業化・ルーチン化を深化させなくても内部コストが激減する、と言い換えてもよい。⁸⁴ この意味でデジタル化と国際標準化の結び付きは、企業制度の在り方に本質的な転換をもたらした。

このように市場利用コストだけでなく企業内部の擦り合わせ協業コストも激減するが、同時に我々が注目しなければならないのは、例え最先端の製品であっても途上国に対する技術の伝播も着床も考えられないほど短期間でおきるので、途上国が本質的に持つ比較優位によってコストが更に激減する、という事実である。

人工物を構成する技術モジュールの結合公差がデジタル化によって飛躍的に拡大する。これがオープン化されるのであれば、市場利用コストと内部コストが同時に下がり、更にはここに比較優位の低コスト化が重畳する。⁸⁵ このように、人工物のコストが考えられないほど下がるだけでなく、規模の経済が企業内部から瞬時にオープンなグローバル市場側へ、大規模にシフトするのである。⁸⁶

一方、人工物の設計にデジタル技術が介在せず、また例え介在しても技術体系のごく一部であって技術モジュール相互の結合公差が非常に狭いままであれば、設計と製造を分離させることができない。したがって設計部門と生産技術や製造技術部門とで相互に深い擦り合わせ協業が必要となる。このようなケースで内部コストを下げるためには、徹底した分業化と業務のルーチン化が必要となる。この意味で伝統的な企業制度が経済合理性を持って維持されるのは、基幹技術モジュールの結合公差が非常に狭い場合に限られることになる。

また結合公差が非常に狭いのであれば基幹技術モジュールがオープン市場に伝播し難いという意味で、技術知識の蓄積や人材育成に欠ける途上国企業が比較優位を武器に低コスト量産することは困難であり、規模の経済が先進国企業の内部に留まり易い。したがってここでは、市場利用コストよりも企業内分業と業務のルーチン化がもたらす内部コスト

⁸⁴ クローズド垂直企業内部の分業と違って、ここではインタフェース規約を介したオープンな国際分業が生まれるので、局所最適の追求がそのまま全体最適に直結しやすい。規約の範囲内なら公差が無限大になったと同じ効果が生まれるからである。またオープンなインタフェースなので例え個別の技術モジュールを担う立場の人であっても全体最適の視点を持つことも可能になる。この意味で経営環境にパラダイムシフトが起きても全体最適に向けたマネジメントが可能になる。これが1980年代後半以降のアメリカ企業であった。事実、1990年代の初期からデジタル型エレクトロニクス産業でアーキテクトが企業の方向付けの前面に出るようになり、その地位が飛躍的に高まった。アーキテクトの登場は分業化やモジュール化と深く関わっていたのである。

⁸⁵ 途上国が低コスト化で比較優位を持つ事例は多く見られるが、1990年代のアジア企業は産業政策によって人為的に比較優位を構築した。これらの詳細は立本（2009）で詳しく紹介されている。

⁸⁶ 基幹部品の結合公差が非常に広く、しかもオープンインタフェースで結合する製品の産業領域であれば、他の技術領域との擦り合わせ協業を原則的に必要としないので、経営環境のパラダイムシフトが起きてもその対応が極めて容易である。このような産業領域では、技術の追求よりも、むしろ全体最適を追求するトップダウン型アーキテクトの役割が企業の競争力を決定的に左右する。またサプライチェーンの特定領域に特化して部分最適を追求することが全体最適にそのまま直結する。結合公差が非常に広いデジタル型製品で自律分散型のイノベーションが次々に生まれる理由がここにあった。

低減の方が、トータルなビジネスコストを遥かに低くするのである。これがフルセット垂直統合型企業制度の経済合理性であった。

その代表的な事例が次節の図 1 に示す DVD の光ピックアップやデジタルカメラの事例にみることができる。⁸⁷ 筆者の調査によれば、例えその組立量産が日本企業の中国工場であっても、光ピックアップ技術の伝播/着床スピードが DVD プレイヤーのそれより 10 倍から 30 倍も遅くなっていた。⁸⁸ 当然のことながら技術が伝播し難いのであれば、自然にブラックボックス型となってしまう。⁸⁹

2.3 デジタル型エレクトロニクス産業から始まるアジアの成長と比較優位の国際分業

以上のような事実から導かれることは、1990 年代後半以降のアジア経済を急成長させたエンジンが、実は技術の伝播/着床スピードが非常に早い技術体系、すなわちオープン環境でモジュラー型へ転換した製品群だったという仮説である。したがって、バランスの良い経済成長の為には、もう一方のクローズド擦り合わせ型技術体系を必ず必要とする、という仮説が生まれる。擦り合わせブラックボックス型技術体系の伝播/着床スピードが非常に遅いので、途上国は先進工業国から輸入しなければならないからである。ここから比較優位の国際分業が、異なる産業間では無く、同じ産業の中のサプライチェーンに生まれる。

この仮説を実証する事実を光ディスク産業の事例で図 1 に示した。図から明らかなように、デジタル化が技術モジュールの結合公差を飛躍的に拡大させ、基幹部品が大量流通する。このタイミングで CD-ROM 装置や DVD プレイヤーおよび記録型 DVD 装置という完成品のビジネスを主導するのは、いずれも低コスト製造に比較優位を持つ韓国、台湾・中国の企業であった。⁹⁰

一方、光ピックアップやマイクロ光学部品などの基幹部品それ自身は、部品を構成する要素技術のインターフェースが形式知化され難く、また生産設備も要素技術との相互依存性が非常に強い。その上でさらに量産ラインを構成する各工程の許容公差が非常に狭いので、技術ノウハウがブラックボックスとして封じ込められて伝播し難い。したがって日本企業の内部に留まる。

したがってアジア諸国は、図 1 の下側に位置取りされて技術伝播/着床が非常に遅い基幹部品だけは、光ディスク技術の全体系を持つ製造大国の日本から輸入しなければならない。韓国、台湾、中国の企業が、いずれも技術が伝播し難い図 1 の下側の擦り合わせ型技術領域を日本企業に任せて調達する、という比較優位の国際分業がこのような背景で生まれた。従来のような異なる産業の間の比較優位ではなく、同じ産業の中のサプライチェー

⁸⁷ デジタルカメラについては小川(2009a)の8章

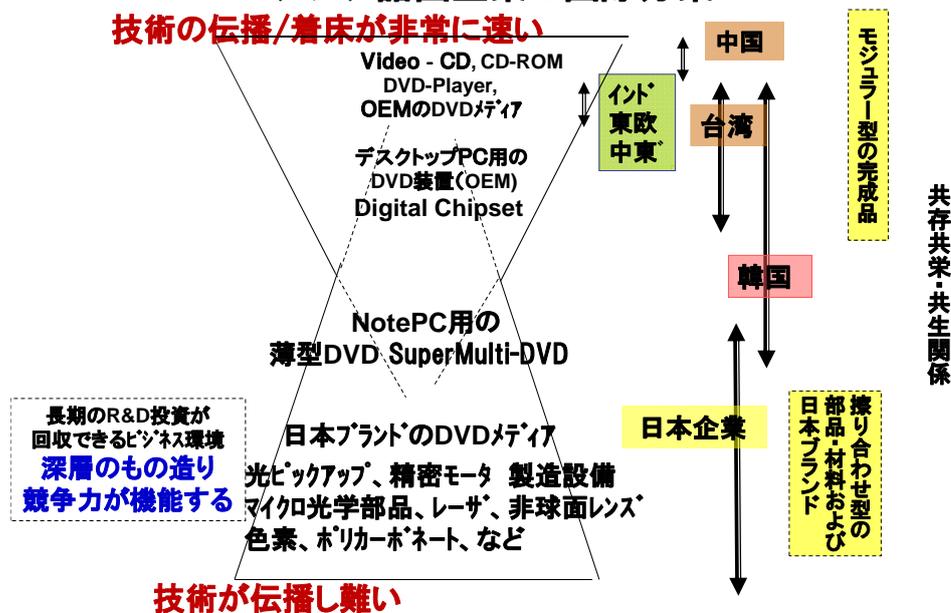
⁸⁸ たとえば小川(2009a)の3章

⁸⁹ 筆者はこれを天然要塞のブラックボックス化と呼んでいる。一方、技術よりもむしろビジネスモデルや知財マネージメントを駆使してブラック化するものを人工要塞と呼んでいる。日本ではブラックボックス化を技術の視点で捉える前者が非常に多いが、欧米には後者が非常に多い。

⁹⁰ 技術モジュールの結合公差が飛躍的に拡大(モジュラー型へ転換)するタイミングで途上国企業がグローバル市場のリーダーになる姿については、小川(2009a)の3章、図 3.1 と図 3.2 を参照。

ンに生まれるという点で大きな特徴を持つ。これによって初めて、日本の擦り合わせ型技術体系に対する巨大な需要が、アジアの成長と共に生まれたのである。

図1 技術の伝播/着床スピードから見た日本企業とアジア諸国企業の国際分業



実は、超精密な機構部品で構成され、典型的な擦り合わせ型アーキテクチャを持つと言われた 1980 年代当時の据え置き型 VTR ですら、デジタル・フィードバック技術が介在する 1980 年代の中期からモジュラー型へ転換して、比較優位のオープン国際分業が生まれていた。⁹¹ ここでも技術の伝播/着床スピードの遅い基幹部品を提供したのは、いずれも日本企業だったのである。同じように 1980 年代後期の据え置き型 VTR でも、デジタル・フィードバック制御が基幹技術領域に介在してモジュラー型へ転換した時点で、日本企業が基幹部品を提供してビジネスチャンスをつかんだ韓国企業が、完成品の VTR でグローバル市場のビジネス・リーダーとなっていた。図 1 と同じ比較優位の国際分業が VTR 産業でも生まれていたのである。

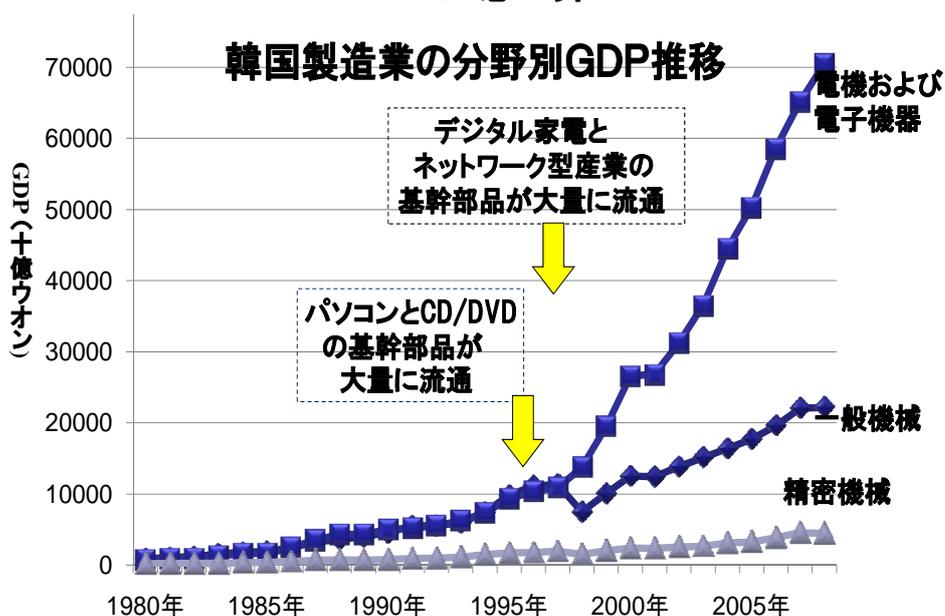
類似の事例は、1990 年代の後半から数多くの産業領域で顕在化するが、いずれもデジタル化や国際標準化が作るオープンなグローバル市場で基幹部品相互の結合インターフェースが形式知化し、その上で更に結合公差が飛躍的に拡大したモジュラー型の製品群であった。人工物を構成する基幹部品相互（技術モジュール相互）のインターフェースと公差が開示されて流通するのであれば、技術の全体系を持たない新興企業が、サプライチェーンの他の技術体系を一切知らなくてもインターフェース仕様だけをガイドに完成品ビジネスに参入できる。

⁹¹ 小川(2009a)の1章、図1.14参照。

アジアの製造業が急成長するメカニズムがここにあったが、これをさらに裏付けるデータを図2と図3で示した。図2に示すように、韓国の電機・電子産業は、いずれも基幹技術モジュール（部品）が流通しはじめる1990年代の後期から、GDPを急上昇させた。しかしながら基幹技術モジュール（部品）が流通し難い産業機械や精密機械などの領域ではGDPの成長が観察されない。韓国製造業の成長は、明らかに基幹技術モジュールが流通して国際分業型の産業構造になり易いか否か、すなわち技術伝播/着床スピードに左右されていたのである。

このような経営環境を特徴付けるのが、規模の経済が企業の内部から外部のオープン市場へシフトしたのである。規模の経済が企業内に留まることを前提にした日本の伝統的なものづくり経営が、ここから競争優位に直結しなくなる。サムソンは、1990年代の後半に、それまでの日本を学ぶ姿勢から1990年代のアメリカと同じアーキテクト主導の経営マネジメントへ切り替えていた。

図2 韓国の製造業は基幹部品が流通する製品領域からGDPが急上昇



2

台湾も1970年代から経済成長の兆しは見たものの、1990年代の中期までエレクトロニクス産業が現在のような成長軌道に乗ることはなかった。別稿で詳細に述べたように、パソコン産業では1990年代の中期に比較優位のオープン国際分業が大規模に現れる。⁹² この時期から、マザーボードやパソコンのベアボーン、そしてIC Chipsetの製造、CRTディスプレイ、パソコン内蔵用のCD-ROMやDVD装置と記録媒体の製造、更には大規模EMSによる

⁹² たとえば小川(2009a)の5章。

低コスト製造の全てで、台湾が圧倒的な国際競争力を持った。

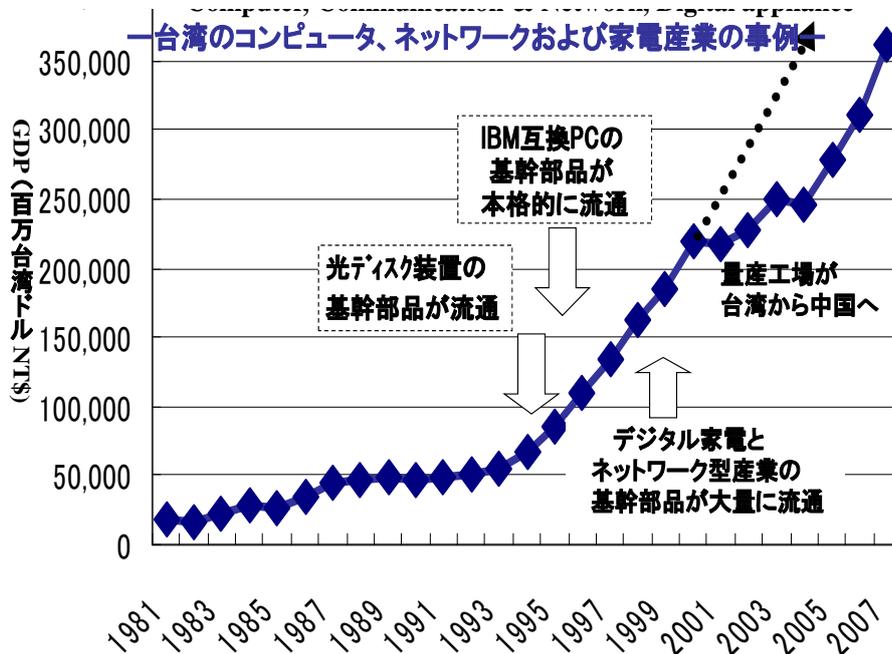
台湾の製造業の中で、特にデジタル型のエレクトロニクス産業に焦点を当てた GDP の変化を図 3 に示すが、急成長に転じたのは、完成品としてのパソコン産業がオープン国際分業型に転じて技術モジュールが大量に流通する 1990 年代の中期であり、そして CD-ROM などの光ディスク装置に代表されるデジタル型のエレクトロニクス産業がオープン国際分業型へ転じる 1990 年代の中期からだったのである。

しかしながら技術蓄積の少ないアジア諸国にとって、図 1 に示すように、技術が伝播/着床し難い擦り合わせブラックボックス型の技術体系だけは輸入に頼らざるをえない。光ディスク装置の場合はその技術体系を供給したのが日本企業であり、パソコンの場合は主にアメリカと日本企業であり、そして携帯電話でも主にアメリカと日本企業であった。⁹³ 図 2 や図 3 に示す韓国製造業と台湾製造業の急成長によって、技術が伝播し難い日本やアメリカの基幹部品に対する巨大な需要が生まれたのである。アジアの成長と共に歩む日本および日本企業の方向付けをここに見ることができる。

図 3 の GDP は 10 年で 5 倍という驚異的な成長率を示すが、これは図 2 の韓国でも同じ成長率であった。オープン国際分業型に転じて技術モジュールが大量に流通すれば、当然のことながらその伝播/着床スピードも同じになる。グローバルな視点のスミスの分業による成長モデルと、技術を外生的に扱う Solo 型成長モデル（本稿のケースでは先進国から途上国への技術伝播）が同時に現れる産業領域で、アジア経済が急成長に転じたのである。

⁹³ これらに事実はいずれも 1990 年代末から 2000 年代初期の時点を示す。最近では基幹部品の多くを韓国企業や台湾企業も供給できるようになっている。したがって日本および日本企業はさらなる技術イノベーション、ビジネスモデル・イノベーション、政策イノベーションの三身一体型イノベーション・システムの構築によって、さらなる競争優位を維持拡大しなければならない。

図3 台湾も同じく基幹部品が流通する産業領域で GDPが急上昇



3

3. 4 中国市場に興隆した建設機械の巨大需要とその歴史的・政策的背景

中国経済は、1979年の改革開放政策から生まれる経済特区によって、新たな道を歩みはじめた。その代表的な事例が深圳や珠海などの人工の町を新たに作って設定した経済特区である。⁹⁴ 初期のころは、台湾企業が中国へ工場展開する主役であったが、1990年代の初期までは、成功事例が非常に少ない。市場経済の到来に共産主義経済の商慣行と税制などの法体系が対応できなかったことが原因と言われる。たとえば、1990年代初期の筆者の経験でも、中国企業側で製品が売れるまで、部品の代金が支払われないのが当然の商慣行であった。⁹⁵

またこの当時の製品群は、例えエレクトロニクス産業であってもアナログ型なので設計と製造の分離が起きていなかった。したがって、台湾と中国側がそれぞれの比較優位を

⁹⁴ その前年の1978年の第13回党大会で、“国が市場を調整し、市場が企業を誘導する”という方針への大転換があった。1980年までの中国は、旧ソ連や他の多くのキャッチアップ型工業国と同じように重工業優先の産業政策であった。したがって1980年代の政策は、軽工業を発展させて日用品/食品不足を解消しながら均衡のある経済発展を目指すものだったが、1990年代に後半からこれが、いわゆるハイテクと称したデジタル型産業へシフトする。1992年以降の外資認可基準が、輸出と先進技術（ハイテク）を中心にするという政策誘導もその背景にあった。デジタル型なら結合公差が広いので単純組立が容易であり、オープン国際分業型の産業構造となって中国への直接投資が増え、中国が基本的に持つ比較優位を最大限に活用しながら経済成長が可能になるからである。なお重工業は、現在でもその多くが典型的な擦り合わせ型の製品産業である。

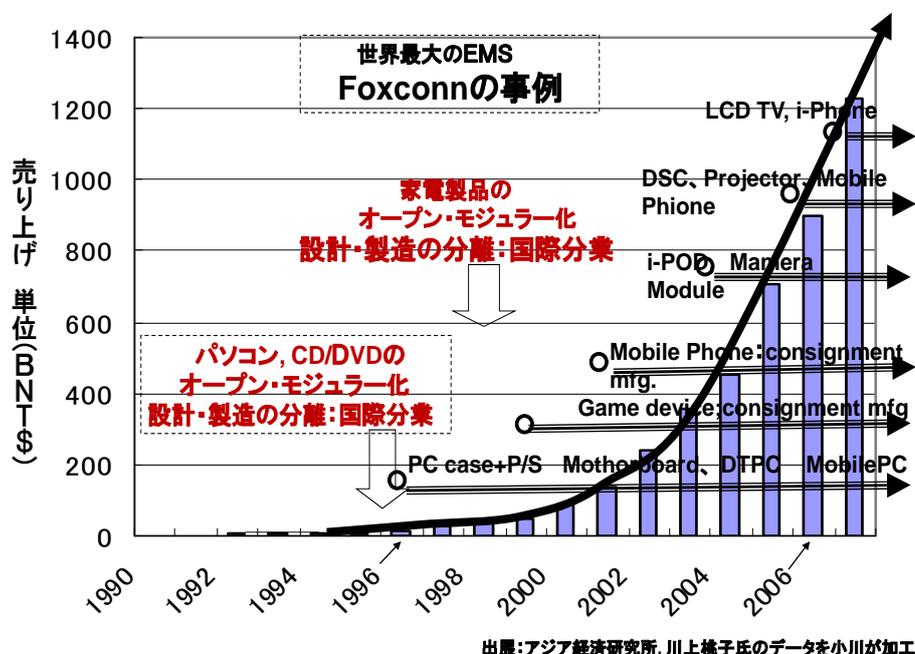
⁹⁵ この商慣行は、現在でも政府系企業と中国の民族系サプライヤーの間で継続されている。このような非常に原始的なキャッシュフロー経営が中国政府系企業に圧倒的なコスト競争力を持たせたと、関係者が証言している。

活かす国際分業構造を取ることが極めて困難であり、いわゆる初期に軽工業と言われた製品の中の単純な製品群だけが、中国の経済特区で組立生産されており、中国の経済成長にあまり寄与しなかった。これが当時の実態である。

中国の製造業が躍進するきっかけは、深圳、珠海、上海、武漢を訪れた鄧小平による1992年の南巡講話である。中国政府は、中国南部に点在する例外地域としての経済特区ではなく、全国的なトータル・システムとしての改革開放政策を推進するようになった。ここから中国のGDPが再び上昇に転じるが、改革開放政策を象徴する経済特区の優遇政策で成長軌道に乗るのは、1990年代の末まで待たなければならなかった。

これを実証する事例を図4に示す。ここに挙げたEMS(Electronic Manufacturing Service System)は典型的な製造アウトソーシングであり、設計と製造が完全に分離して初めて生まれる産業である。世界最大のEMSとして名高いFoxconnは、IBM PCが世に出て2年後の1983年に創業した。当初から優れた金型技術を持っていたのでデスクトップ・パソコンの外枠製造を請け負っていたが、その10年後の1993年になっても売り上げが伸びず長期低迷を続けた。⁹⁶ 飛躍のチャンスが生まれたのは、インテルがパソコンのマザーボードとその関連部品の製造レシピを台湾企業へ一括提供し、設計と製造が完全に分離するようになった1995~1996年以降のことである。そしてこのタイミングで確かに中国の工業生産が増加に転じていた(第一次成長期)。

図4 設計と製造の分離によってEMSが興隆



⁹⁶ Foxconnは1990年ころに香港から深圳へ進出しはじめていた。

Foxconn は設計と製造が完全分離する流れに乗って果敢に投資して中国に工場を作り続けた。現在では、広東省深圳、江蘇省昆山、浙江省杭州、山東省煙台、等が主要拠点である。特に深圳工場は従業員が約 20 万人という想像を絶する巨大な工場であり、ゲーム機、携帯電話、i-Pot, デジカメ、液晶テレビ、i-Phone の量産組み立てを次々に取り込み、**図 4** のような急成長を続けている。⁹⁷ いずれも **図 4** の○印を起点に新しい製品の組み立て製造を請け負っているが、このタイミングは擦り合わせ設計製造を必要とせず、少なくとも低コストの汎用品なら基幹部品の組合せで製品設計が可能になった時期である。設計と製造が完全分離する時期であったと言い換えてもよい。

同時に、1992 年の鄧小平による 1992 年の南巡講話が起点の本格的な改革開放政策による製造段階に対する優遇政策（優遇税制だけでなく、土地、工場、設備などの貸与なども含む）、すなわち人為的な比較優位の構築が圧倒的な低コスト大量生産を実現させて、グローバル市場へ躍進する。類似の事例が、その後に来る携帯電話やデジタルテレビなど、ほぼ全てのデジタル型完成品で次々と観察されるようになった。⁹⁸

巨大工場が次々に建設されるのであれば、建設機械の需要も急増する。⁹⁹ **図 4** からそれが 2000 年か 2001 年ころであると推定されるが、中国にみる建設機械の需要動向からこれを見れば、**図 5** に示すようにやはり 2000 年から 2001 年ころに需要が伸び始めたことが理解されるであろう。¹⁰⁰

更に我々が特に注目しなければならないのが 2001 年 12 月の WTO への加盟である。¹⁰¹ このタイミングで多くの日本企業は生産基地を日本から中国へ移転し始めたが、日本以外の国々でも同じであった。ここから中国経済が現在のような急成長を続けるようになったのである（第二次成長期）。

⁹⁷ 1999 年 7 月に日中が合意、11 月に米中が合意。2000 年 5 月に EU と中国が合意。この延長で 2001 年 12 月に WTO が正式加盟を承認。

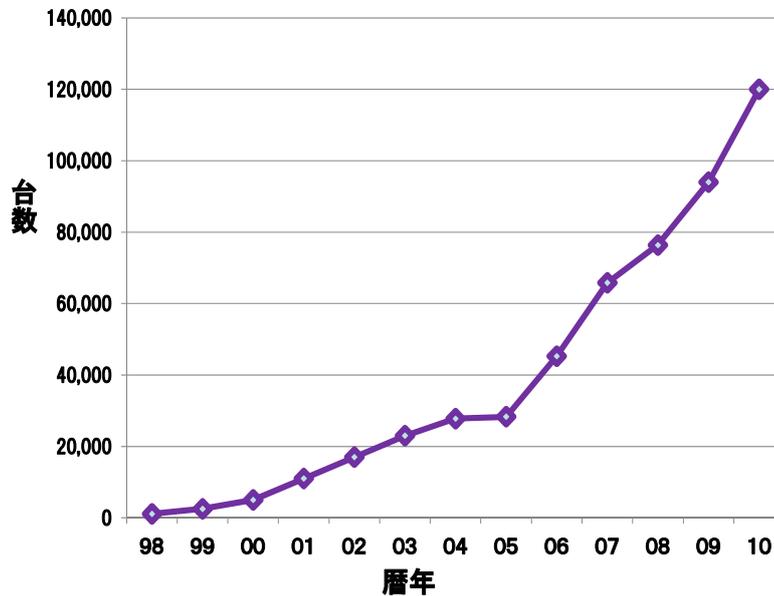
⁹⁸ その後は、例え日本が誇る擦り合わせ型の基幹部品であっても、中国の経済特区で量産されるようになっていく。その多くは日本企業の中国工場であって、中国資本の中国工場ではない。擦り合わせ型の製品であっても、これを多数の組合せ型工程に分業化して量産する優れた生産技術を、日本企業が持っているからである。工程相互のバラツキ許容値（公差）が非常に狭くても、これを匠の技の治工具を組み合わせることによって、数日前まで農作業をしていた人でも歩留まり良く量産できる。これが日本の誇るものづくりである。

⁹⁹ 南巡講和の直後にも、まず起きたのが不動産や建設関係の投資ブームであった。この投資の後に Foxconn などが外資として中国に巨大な工場投資をはじめた。

¹⁰⁰ **図 5** のデータは、高橋(2010)が 2010 年映像情報メディア学会年次大会(2010 年 9 月)の発表で使った PDF ファイルおよびコマツから提供頂いた情報を使って作成した。

¹⁰¹ 以上のデータや事実はアジア経済研究所の川上桃子氏にご教えた。

図5 中国に見る建設機械の需要動向



出展:高橋(2010)のデータを筆者が加工編集 5

経済成長と共に工場や都市で建設ラッシュが続けば、建設機械が必要になる。ここから巨大な雇用が生まれて地方政府の税収が急増するというメカニズムによって、中国のそれぞれ省や地方都市の産業興隆と国内消費が地方の経済活性化に大きく貢献することになる。2000年ころから急成長に転じる図4のFoxconnの事例は、これを象徴する事例であった。雇用が生まれで豊かになれば、人々は携帯電話を買い求め、そして乗用車を購入しはじめる。確かに中国で携帯電話が大量普及の軌道に乗るのは2000年ころであった。

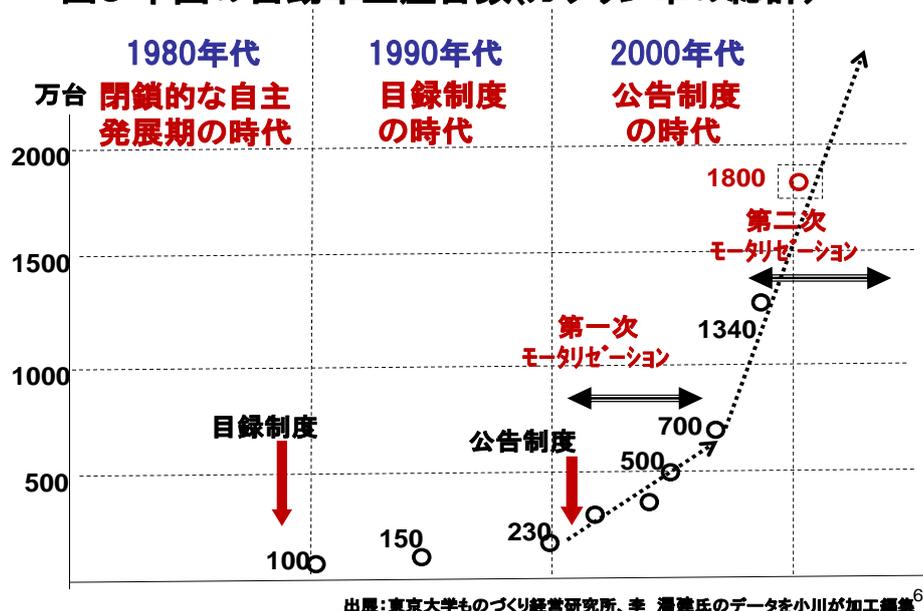
また建設機械に対する需要が生まれる背景を、図6の中国における自動車産業の興隆から補足すれば、やはり同じように2000~2001年であったことが理解されるであろう。¹⁰² 図6に示すように、1990年代の中国政府は自動車の製造許可制度を、実質的に政府系の伝統的な特定企業だけに制限する目録制度を採っていたが、2000年の12月には民族系の新たな企業へ市場参入の機会を与えるための公告制度へと、政策転換させていた。その背後に、WTOへの加盟に備えた自由化への意識改革があったのは言うまでもない。

ここから図6に示す第一次モータリゼーションの時代が到来し、道路建設に必要な建設機械に対して更に巨大な需要が生まれることになる。この延長で北京オリンピック(2008年)や上海万博(2009年)に向けた建設ラッシュがあり、そしてリーマンショックを契機にした公共投資へと内需拡大政策への政策転換があった。同時に中国政府が大幅な減税を打ち

¹⁰² 例え乗用車であっても、中国企業はモジュラー型へ転換した製品領域から市場参入している。図1の光ディスク産業にみる日本の光ピックアップ・メーカーと同じく、自動車産業でも基幹となる技術モジュールについては、欧米のサプライヤーがFull Turn Key Solution型のプラットフォームへ転換させて中国の民族系自動車メーカーへ提供したからである。

出して個人消費を加速させ、¹⁰³ 自動車購入や不動産投資がバブルに近い状況になった。建設機械の需要が更に拡大したのは言うまでもない。

図6 中国の自動車生産台数(ガソリン車の総計)



しかしながら、中国企業には自前で建設機械を供給する技術蓄積が無かったという意味で、基幹部品はもとより、完成品としての建設機械も海外から輸入せざるを得ない。このようなメカニズムによって2001年ころから、日本の建設機械業界に巨大なビジネスチャンスが到来したのである。その後、中国企業も徐々に建設機械ビジネスへ、組立製造から参入できるようになったものの、2010年の時点で見れば、中国メーカーの大部分がエンジン、トルコン、トランスミッション、油圧関連などの基幹部品を日本から輸入し、これを組み合わせて建設機械を製造している。¹⁰⁴ この意味で、技術の伝播/着床スピードの速い製品領域（モジュラー型）からはじまる中国製造業の成長が、結果的に伝播し難い建設機械とその基幹部品を持つ日本企業に、新たな巨大需要をもたらしたことになる。ここにもアジアの成長と共に歩む日本および日本企業の姿がある。

ただここで我々が留意しなければならないのは、日本企業が基幹部品を大量に流通させるその延長で、擦り合わせ型だから安泰と言われる完成品としての建設機械であっても、

¹⁰³ 中国の財政出動や金融政策は、日本と違って国会（に相当する機関）による税法の改正を必要としない。

単に条例や実施細目（日本の省令や通達に相当）によって可能になる。ついでに言えば、ほぼ同じ時期に国家非常時における人民軍の指揮権を主席ではなく首相が持つ、と法改正がなされている。ただし国内の非常に限る。

¹⁰⁴ この姿は1990年代のデジタル型製品と全く同じであった。また2010年の時点で見れば、日本企業が擦

り合わせ型と定義するガソリン自動車でも、同じ姿が多く観察される。

中国企業が遠からず市場シェアを急増させる、という実ビジネスの現実である。このような経営環境が到来すると、必ず付加価値が基幹技術モジュール（基幹部品）側へシフトする。擦り合わせ要素が強くブラックボックス状態が維持されやすいので技術が伝播/着床し難いためである。したがって、もし日本の建設機械関連の企業が基幹部品を Full Turn Key Solution として中国企業へ提供するビジネスモデルへ特化すれば、例え建設機械産業であっても経営環境にパラダイムシフトが起きる。¹⁰⁵ このようなパラダイムシフトが最初に現れたのが 1980~1990 年代のエレクトロニクス産業であり、2000 年以降の途上国における自動車産業であった。前者の代表的企業がインテルであり後者を象徴する企業がボッシュであった。建設機械産業でパラダイムシフトがおきないと言い切れるであろうか。

2.5 技術伝播から見たアジアの経済成長

以上、多くの事例を挙げながら述べたように、アジアの成長は技術の伝播/着床スピードが非常に速いエレクトロニクス産業を起点にはじまった。アジアでこれが最初に現れたのが韓国や台湾などであり、その時期は 1990 年代の中期であった。同じように中国でも、Foxconn に象徴される台湾系の巨大企業がさらなる比較優位を求めて中国に巨大市場を次々に建設するそのタイミングで、**図 7** に示すように、中国が**第一次の成長期**に入った。¹⁰⁶

この意味でやはり中国でも、技術の伝播/着床スピードが非常に速いエレクトロニクス産業の領域から最初に成長の兆しが表れたのである。その延長で 2002 年ころから、他の多くの産業領域で一斉に成長が始まった（**第二次成長期**）。¹⁰⁷

一般に途上国の経済成長が外資による投資であると言われて来たとし、確かにマクロ的にみればこれが事実である。本稿が取り上げる国際分業や技術伝播の視点で言えば、経済特区に対する投資が、いわゆる当時ハイテクと言われたデジタル型の産業によって牽引され、中国の比較優位が最大限に発揮されたという意味で、ここでもやはり比較優位のオープン国際分業を起点にしたスミスの分業型の成長モデルと、技術を外生的に扱う Solo 型成長モデルが同時に現れる産業領域で、中国経済が急成長の軌道に乗ったのではないか。技術が外生的に与えられるのであれば、技術の伝播/着床スピードを左右する政府の政策が重要な役割を担う。事実、経済特区に移転された技術を身に付ける中国の人々が次々にスピノフしてハイテク型産業を自らの手で起こし、経済成長を加速させた。比較優位を人為的に作り出す政府の政策がキャッチアップ型の国で極めて有用な役割を担うのが、ここ

¹⁰⁵ 坂根（2011）の主張は完成品としての建設機械のアーキテクチャが今後も現状を維持できることが暗黙

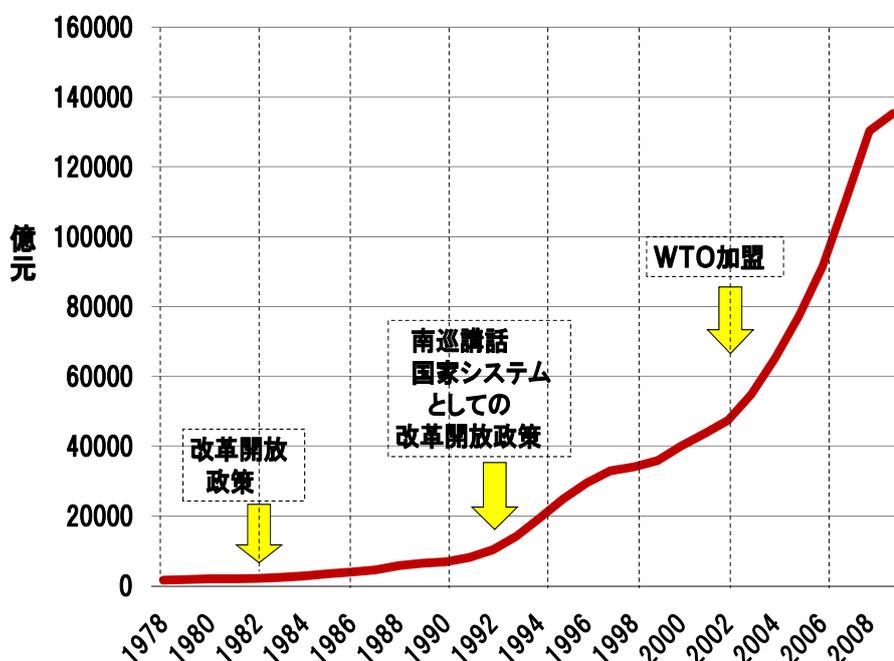
の前提になっているように思える。

¹⁰⁶ 南巡講和があった 1992 年直後に起きたのが不動産や建設関連への投資ブームであり、Foxconn などの外資が巨大工場を建設するのが 1995~1996 年ころである。図 7 では 1994 年ころの工業生産の伸びが、さほど大きく見えていないが、これは全ての工業製品の総計で表現したためである。中国南部の沿岸地域や上海地区に特化し、デジタル型産業とそれ以外の産業の変化を比較すれば、図 2 や図 3 示す韓国と台湾の事例が中国でも再現される。詳細は別稿に譲りたい。

¹⁰⁷ 中国の政策で言えば、2001 年から始まる第 10 次 5 年計画で西部地区の開発が重点政策になり、投資が従来の沿岸地区から内陸部へシフトし始めたのが、このころである。

からも容易に理解されるであろう。

図7 中国の工業生産高推移



8

これらの政策は、デジタル化によって人工物が基幹技術モジュールの単純組合せ型へ転換し、技術モジュールが先進国側から伝播し易くなった 1990 年代の後期から、極めて有効に機能しはじめたことを、改めて強調したい。技術が伝播して来なければ人為的な比較優位の政策が機能することはない。

1980 年代にアメリカ政府によって推進された一連のオープン化政策が、まずパソコン産業を企業内のクローズド分業から企業間のオープン分業型へ転換させた。そして基幹部品（技術モジュール）の結合公差が完全にオープン標準化される 1990 年代の中期から、パソコンも日本の光ディスク産業やデジタル家電や電子レンジとエアコンにも、そして欧米の携帯電話産業など、ほぼ全てのエレクトロニクス産業領域で、国を超えた比較優位のオープン国際分業が発展した。

これらの事実から明らかのように、アジア諸国の製造業の GDP は、まずはデジタル型に転換したエレクトロニクス産業の分野から成長軌道に乗った。その背後に、人工物としての製品設計の深部にマイクロプロセッサと組み込みソフト（ファームウェア）が介在することによる製品アーキテクチャの大転換があり、ここに重畳したオープン国際標準化の作用があり、そして巨大なオープン・サプライチェーンの中の特定領域を選んで比較優位を作り出すアジア諸国の産業政策があった。¹⁰⁸

¹⁰⁸ これらの詳細については、小川(2009a)の1章、2章、3章、および小川(2010a)の2章を参照

しかしながら健全で持続的な経済成長を維持するのは、かならず擦り合わせ型の技術体系も同時に必要とする。長期の技術開発投資によって生み出される擦り合わせ型の製品に、巨大な需要が生まれるのである。アジアの成長によって日本の比較優位を特徴付ける基幹部品や材料などの国際競争力が、改めて認識されたのではないか。たとえ建設機械であっても、短期的には完成品そのものに巨大需要が生まれるものの、長期的には技術伝播が非常に遅い、すなわち日本の比較優位を象徴する擦り合わせブラックボックス型の基幹技術モジュールが国際競争力の中核的存在になるはずである。このような経営環境の到来があるとすれば、コマツの KOMTRAX システムもそれに適応させて進化変貌させなければならない。アップルの多層的ビジネスモデルにそのヒントがあるように思えてならない。しかし日本型企業がこれをやれるであろうか。¹⁰⁹

3. アジアの成長と共に歩む21世紀の日本の方向性

3.1 日本および日本企業の比較優位

デジタル型エレクトロニクス産業のケースでは、例え基幹部品であっても徐々にアジア諸国へ工場移転が進み、低コスト大量生産が始まる。しかしながら基幹部品の場合は技術が伝播/着床し難いので、その量産をアジアの中の EMS が担うことは希であった。例えば Foxconn のような中国の中国工場 (EMS) では、いまだに日本の擦り合わせ型基幹部品を低コスト量産できていない。日本企業が自ら量産工場を中国へ大規模展開し、中国の日本工場で量産したのである。¹¹⁰

その理由は、まず第一に、常に技術イノベーションを主導し続けるために必要な技術の全体系を内部に持っているのが日本企業だけだからであり、第二にその製品設計の技術革新と製造の細部に至る分業化と作業のルーチン化とを、共に低コスト大量生産 (その製品の全体最適) に向けて工夫し続ける組織能力が日本工場から流出し難いからである。事

¹⁰⁹ 経営環境のパラダイムシフトが起きたとき、付加価値が基幹部品側にシフトするのは間違いの無い事実

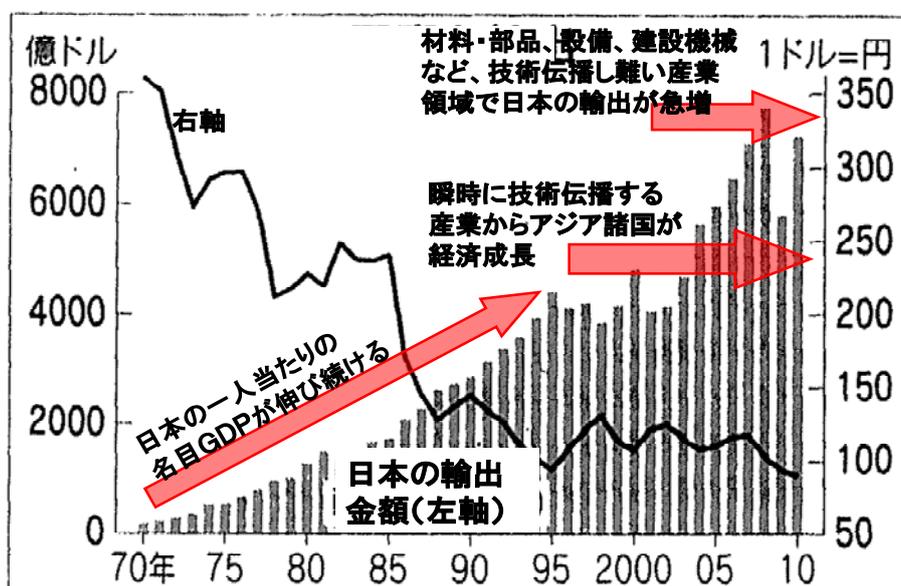
だが、同時にビジネスモデルや知的財産のマネージメント、そして更に販売チャネル・ブランド側へのシフトする。本稿が提起する課題は、本稿の事例以外に、ホンダの二輪車、アップルの iPod/iPad, そしてノキアの携帯電話という完成品側の事例も取り込んだ体系的な議論が必要となる。これは別稿に譲りたい。

¹¹⁰ 1996年から2000年間で生産工場を中国に移転した日本企業の数は、毎年550から600社であったが、2009年に900社、2005年に1500社、そして2010年には2000社まで急増している。なお1996年から2005年まで中国へ移転した企業の総数が9600、その他のアジア諸国(ASEAN, インド、ベトナム)が約17,000、合計26,600社になる(統計上、1社が5年に渡って移転させた場合も5社とカウントしている)。これほど多くの日本企業がアジア地域に生産工場を作ったのである。これが日本の地方経済を疲弊させ、若者の雇用を失わせているのではないか。日本の輸出は確かに1995年までなら上昇し続けた。これが製造業の雇用を守り、一人当たりの名目GDPも1985年の11,000ドルが1995年に41,000ドルとなる(ただしこれは円高にほぼ比例)。しかしながらアジアの成長がはじまる1990年代の中期から日本の輸出が低迷を続け、名目GDPの伸びも止まった。超円高の到来を見た日本企業がアジアへ生産拠点を移しはじめたからではないか。1996年から2005年までの総務省統計によれば、日本の製造業で300万人以上も雇用が失われた(1996年の雇用:1450万人、2005年:1150万人)。なおその後もアジア諸国へ工場を移転させる企業が増え続け、2006年から2009年まで13,400社に上る。2005年までの数字を加算すれば、1996年から2009年まで累計が約40,000社になっていた。

実、分業化とルーチン化を追求する設計・生産・製造技術が日本企業の中国工場から流出した事例は非常に少ない。

その代表的な事例として DVD 用の光ピックアップ（図 1）や電子写真技術のプリンタを挙げることができる。光ピックアップはこの世に出て 25 年以上も経ち、その多くの中国で量産してきたが、日本企業のシェアが 21 世紀の現在でも圧倒的に高い。これを日本の競争優位という視点で言えば、人工物が基幹技術モジュールの単純組合せ型へ決して転換せず、あるいは転換しても技術が伝播しなければ、例えアジア諸国が比較優位の産業政策を強化しても、日本企業の競争優位がアジア経済圏の中で維持・拡大させることができる、という仮説を設定することができる。

図8 為替の変化と日本の輸出金額推移



出展：東京大学 川新宅純二郎氏の図へ筆者が一部追加

東京大学の新宅氏による 1999 年から 2009 年までの調査データによれば、日本からアジア諸国へ輸出される製品の約 85% が、工業用原料と資本財に分類されるものであった（新宅、2010a）。2009 年に日本からアジア諸国への輸出金額が全世界への輸出の 40% に達している。また図 8 に示す新宅氏の調査データによれば、1995 年ころから低迷する日本の輸出が 2002 年ころから再び増加へ転じたが（新宅 2010b）、この大部分が 技術の伝播/着床スピードが非常に遅い製品群（いわゆる擦り合わせブラックボックス型）だったという。この事実も本稿の仮説を支える。

技術が伝播し難ければジレンマが起きない事例が、エレクトロニクス産業にも確かにあった。その代表的な事例がデジタルカメラである。これを DVD と比較しながら図 9 に示した。完成品としての DVD プレイヤーは、パソコンと同じように基幹部品相互のインタフェースが全て開示されており、結合公差の非常に広いプラットフォーム型の技術モジュール

ルが流通するタイミングで、日本企業がシェアを失った。¹¹¹ 圧倒的な技術力と特許数を誇っても全く勝てなかったのである。¹¹²

一方、デジタルカメラは、大量普及して 15 年を経た現在でも日本企業だけがグローバル市場で圧倒的な強さを誇る。レンズ、シャッター、CCD、信号処理、画像処理、DCT、そしてコントローラ、さらには画像処理のための膨大な組み込みソフトなど、デジカメを構成する基幹部品の相互依存性が非常に大きい。したがって技術体系が丸ごと伝播しなければ、完成品としてのデジタルカメラを低コスト量産できないからである。

例えば CCD の画素数を 200 万画素から 400 万画素へ技術進化させると、他の基幹部品を全て再設計しなければ 400 万画素の効果が生まれず。したがって関連技術の全体系を持つ日本企業だけがデジカメという完成品の技術革新に参加できたのである。¹¹³ 製品を構成する要素技術の相互依存性が非常に強い。したがって丸ごと一括した技術伝播が起き難いので、全ての技術体系を内部に持つ製造大国の日本だけが、常に技術革新を主導することができる。その中でも特に一眼レフのデジタルカメラは、現在でも日本企業がグローバル市場で 90% 近い市場シェアを持つ製品であり、企業収益に多大な貢献をした。“我が社の高収益がデジタルカメラによってもたらされた” という決算発表が現在でも新聞報道された事実から、これを理解できるであろう。

しかしながら図 9 の DVD に例を見るように、あるいは携帯電話やデジタル家電などに例を見るように、基幹技術の相互依存性が小さく基幹部品が単独で大量に流通する産業領域、そして規模の経済が企業の内部ではなく市場側へシフトする製品の産業領域では、例え圧倒的な技術蓄積や特許の数を誇っても日本企業は必ず市場撤退への道を歩んでガラパゴス島へ辿りつく。これが過去 15 年に我々が繰り返し観察したことであった。建設機械だけが例外と言えらるだろうか。

伝統的なフルセット垂直統合型の企業制度で、そして例え局所最適を追求するボトムアップ型意思決定の集合体であっても、デジタルカメラという技術伝播の起き難い製品領域なら、そのまま全体最適に結び付く。技術が伝播せず、グローバル経営環境のパラダイムが変わらないからである。一方、技術の全体系が瞬時に伝播して規模の経済が市場側に生まれ、産業構造が比較優位のオープン国際分業型へ転換すると、グローバル産業構造のパラダイムが瞬時に代ってしまう。したがって、例え個々の局所最適を組み合わせても、全体最適にならず、伝統的な垂直統合型の企業制度の下で追求するものづくり能力が、決して日本企業の競争優位に直結しない。これが 21 世紀の日本および日本企業が置かれた

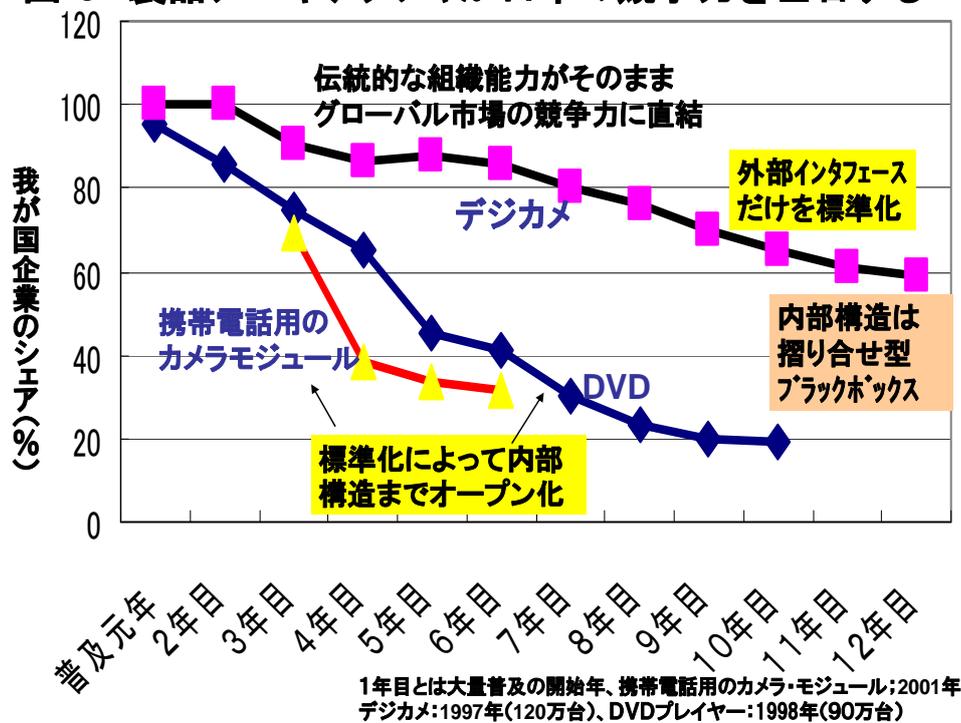
¹¹¹ DVD プレイヤーのプラットフォーム形成については、小川(2008b)の3章に紹介した。

¹¹² 技術力や特許が日本企業の競争力に結びつかない理由については、小川絃一(2009a)の12章、および小川(2010b)の2章で解説した。

¹¹³ 小川絃一(2009a)の8章を参照のこと。なお1990年代の後半に、中国企業も画素数の非常に少ないデジタルカメラを開発して中国国内で販売していた。しかしデジタルカメラは典型的な擦り合わせ型の製品であるにもかかわらず中国企業が基幹技術の全体系を持っていなかったため、その後の技術革新に対応できずに市場から消えた。一方、モジュラー型の携帯電話は、日本企業と中国企業がデジタルカメラと全く逆の展開となって現在に至る。

実ビジネスの実態である。

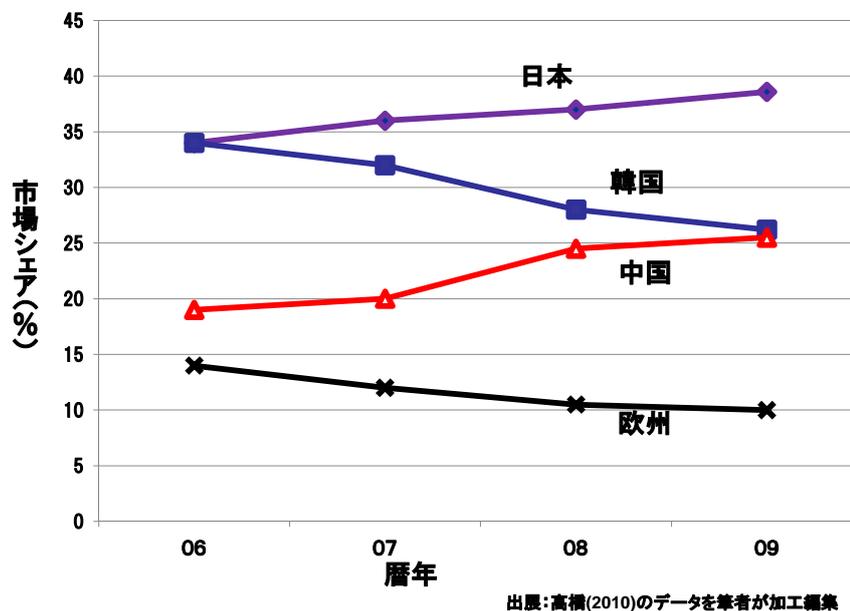
図 9 製品アーキテクチャが日本の競争力を左右する



我々がものづくり日本を話題にするとき、まず思い起こすのが擦り合わせ型の技術体系を持つ製品群であった。その代表的な事例が基幹部品や機能材料であり、製造設備や建設機械/産業機械であり、そしてプリウスなどに代表される環境対応型のハイブリッド車であった。電気自動車を含めるか否かは議論のあるところだが、燃料電池車は間違いなくここに含まれる。

一般に乗用車は、産業機械、精密機械、重電、デジタル家電、白物家電、情報・通信、繊維、化学、材料、家具などが複合化した統合型の技術体系で構成される。その中でも特に環境対応車は、エンジンとモータやパワートレイン系との連動制御など、個々の要素技術の相互依存性が非常に強い擦り合わせ統合型の技術体系を持つ。特に 2000 年代になって環境規制が厳しくなると、組み込みソフトを駆使したエンジン制御だけでは規制対応に限界があり、高速走行時の風圧を低減するアッパーボデー側のデザインまで影響を受けるようになった。乗用車のデザインさえも、エンジン制御やシャーシ側のレイアウトと強い相互依存性を持つようになったのである。21 世紀に強化された環境・エネルギー規制が、自動車をもっと擦り合わせ技術体系へ向かわせている、と言い換えてもよい。これが日本の自動車産業の競争力を支えたのである。

図10 中国の建設機械市場における国別のシェア推移



建設機械も例外ではない。図 10 に中国市場における建設機械の国別シェアを示すが、市場が拡大するステージになると韓国企業の攻勢によって例外無く市場撤退への道を歩む日本エレクトロニクス産業とは、¹¹⁴ 際立った違いを建設機械に見ることができる。図 10 から中国企業の躍進も見られるが、ここで使われるエンジン・トランスミッション・油圧関連などの擦り合わせ型基幹部品は、その多くが日本企業から提供されている。

丸ごと擦り合わせ型であれば個々の技術モジュール相互で結合公差が非常に狭い。したがって製品設計と生産技術や製造技術が擦り合わせ共有される統合型の技術体系が維持され、技術伝播が非常に遅い。事実、1990 年代から現在まで、日本の地域雇用を辛うじて守ったのは、技術が伝播し難い擦り合わせ型の産業領域であった。新宅氏による図 8 のデータもこれを支えるという意味で、ここからも日本および日本企業の比較優位を改めて定義することができるのではないか。これを建設機械の視点で見れば、少なくとも中国市場では、遠からず中国企業が完成品としての建設機械で日本企業を追い越すであろう。しかし中国企業は技術の伝播/着床スピードが非常に遅い擦り合わせブラックボックス型の基幹技術モジュールを、ものづくり大国の日本に依存しなければならない。中国の成長と共に日本の雇用を守る方向がここにもあるのである。¹¹⁵

経済学者や経営学者の一部に、日本や日本企業の競争力を韓国や中国企業のそれと比

¹¹⁴ ここで定義する技術モジュールとはいわゆるハードウェア・ブロック単体としての部品ではない。組み

込みシステムを多層的に取り込んで付加価値を封じ込めたプラットフォーム型の技術モジュールを想定している。この意味で日本側も旧来型のものづくり思想から脱皮しなければならない。

¹¹⁵ エレクトロニクス産業の事例は小川(1009a)の3章, 図 3.1 と図 3.2 を参照。

較することよりもアジア全体の成長を論じるべきだ、という意見もある。しかし国や企業の競争優位・競争力が国内の雇用と成長に強く影響を与えてきた事実を考えれば、上記の議論に賛同することはできない。アジアの経済が成長し、同時に日本の雇用と経済成長に寄与する仕組として筆者がこれまで提案してきたのが、それぞれの国が得意領域を持ち寄って補完し合うのが比較優位の国際分業なのである。¹¹⁶ これが機能する背景に、日本側から見た技術モジュールの伝播スピードが深く関与していた。更に言えば、欧米諸国が構築した分業構造の中のビジネスモデルと知財マネジメントが技術伝播スピードのコントロールに大きな影響を与えていたのである。欧米諸国は 1990 年代に、アジアの成長と共に歩む仕組みを構築し終えていた。これを可能にしたのが組み込みシステム（ソフトウェア）の飛躍的な技術革新であるが、その詳細は別稿に譲りたい。

3.2 伝統的なイノベーション政策の限界とものづくり論の適用限界

これまで日本が進めたイノベーション政策は、伝統的なマクロ経済が主張する供給サイドの政策であり、高度 10 万メートルの視点に立つ処方箋であった。そして、第一期科学技術基本政策が始まる 1996 年から 2010 年までの 15 年間に、60 兆円の国税が注ぎこまれた。民間投資を含めると 200 兆円の巨額となるが、それでも地方から雇用が失われ、製造業の GDP はマイナス成長であった。

経済活動の実務を担うのが企業人であるなら、そして高度 10 万メートルの視点から語るマクロ経済の処方箋が機能せず日本経済が疲弊しているのであれば、まずビジネス現場の経営者やものづくり現場の技術者と同じ、高度 1.5 メートルの目線に立つ診断が必要ではないか。診断を誤れば正しい処方箋を出せず、日本再生に向けた今後の方向付けもできない。

これまで紹介した事例から、伝統的な日本のイノベーション政策やものづくり論の適用限界を要約すれば、まず第一に、イノベーション政策は決して供給サイドだけでなく、製造段階という出口サイドも同時に重視すべし、ということになる。税制などを含むイコール・フットイングのビジネス制度にすべし、と言い換えてもよい。これまでの日本には、出口サイドに立つ政策や経営姿勢が弱かったために、巨額の研究開発投資で生まれた成果が国や企業の競争力に結び付かなかった。60 兆円の国税を含む 200 兆円の研究開発投資がつぎ込まれても製造業の GDP がマイナス成長であり、しかも雇用が 300 万人も減少した事実が、これを雄弁に物語る。¹¹⁷

またこれまで紹介した事例から従来型ものづくり論の適用限界を挙げれば、ものづくりの追求だけで国や企業の競争力に結びつくのは技術が伝播し難い製品の産業領域である、ということになる。我々はこの産業領域の製品アーキテクチャを擦り合わせ型と呼んできた。一方、技術が瞬時に伝播する製品の産業領域であれば、ものづくりそれ自身は単なる

¹¹⁶ 例えば小川(2009)の2章、3章、あるいは小川(2010a)、小川(2011c)

¹¹⁷ 工場の海外移転が雇用減に与えた影響については別稿に譲りたい。

必要条件に過ぎなくなる。このようなケースでは、ビジネスモデルと知財マネジメントがあってはじめて、必要にして十分な条件になるのである。¹¹⁸ 我々はこのような製品群をモジュラー型と呼んできた。

しかしながらアジアの急成長を見る 21 世紀の我々は、ものづくりを語る時に製品アーキテクチャという抽象化された視点では無く、むしろ製品アーキテクチャの違いがもたらす技術の伝播/着床スピードという実ビジネスの視点を前面に出す議論、および技術伝播のスピードを左右する人工物の設計という視点を前面に出す議論へ、切り替えなければならないのではないか。技術の伝播/着床スピードが本質であれば、“擦り合わせだから安心” などというものづくりの俗論・誤解を排することが可能になり、そしてまた企業経営を担う経営者の目線と人工物の設計・製造を担う技術者の目線から、ものづくり論の適用限界を議論することができる。

最近の日本で、ものづく批判や擦り合わせ論を否定する意見が多くなった。その中には、本質を外れた一部の事項だけを取り出し、ここから批判する姿勢が見られる。¹¹⁹ さらに 2009 年から顕在化するトヨタの不振を理由にもものづくり論を批判する姿勢も見られる。¹²⁰ これらの人々にアメリカ直輸入の経営理論で批判を繰り返す姿勢が散見されるのは、残念でならない。アジアと日本の中で起きている事実を踏まえながら、そしてまた欧米とアジアの間で起きている事実を踏まえながら、自ら構築した独自の理論体系によるものづくり批判が非常に少ないのである。ましてや、ものづくり論の適用限界や擦り合わせ論の有効性と適用限界を冷静に分析した議論が少ない。

自然科学と違って社会科学に多数の真実が同時に共存するのは事実だが、例え理論体系が立派でも、我々が自ら直接目にする事実立脚した議論でなければ、あるいは我々が直接目にする現実を説明できるのでなければ、学問は机上の空論に過ぎない。学問には、現実感や具体性を持って基本問題に取り組む姿勢が常に求められているのである。

この意味で日本企業の競争優位を、製品アーキテクチャという抽象化された概念を起点にするものづくり論だけではなく、その背後にある本質が技術の伝播/着床スピードの違いおよび人工物の設計の違いにあるという、経営者と技術者の視点に立つものづくり論も取り込んでいかなければならない。¹²¹ 特にアジアの成長と共に歩む日本と日本企業を考え

¹¹⁸ ビジネスモデルや知財マネジメントについては小川(2009a)の第二部と第三部を参照のこと。

¹¹⁹ 意図的に事象の一部だけを大きく捉えるのではなく、ビジネスの全体構造を把握していないので、結果的に議論がそうなるのである。

¹²⁰ トヨタに対するこのような見方は、いわゆるサプライヤーから工場出荷までを対象にしていたはずの TPS を勝手に拡大解釈した一部の人の著作の影響が大きい。トヨタ自身ですら勝手な拡大解釈に戸惑っていたのではないかと。

¹²¹ 例えば青島、武石、クスマノ(2010)の 1 章でクスマノは、小川(2009a)の 1 章 4 節や 14 章 1 節、および小川(2009d)の 2 章や 3 章で指摘したと同じように、1990 年前後の IBM と現在の日本企業が非常に似た組織文化を持つことを指摘している。しかしクスマノでさえ、IBM も日本企業も同じデジタル型のエレクトロニクス産業から同じ理由によって競争優位を失ったという視点を持っていない。現在の日本企業が内包する問題が 1990 年前後のアメリカでも、1990 年代後半のヨーロッパでも同じように伝統的なエレクトロニクス産業で顕在化していた、という視点がクスマノには見当たらない。筆者が人工物の設計の在り方、すなわち完成品/システムを構成する基幹部品の相互結合公差という客観的な指標を起点に

る場合は、製品アーキテクチャと経営者や技術者の目線とを、常に交換しながら議論する姿勢がなければ、日本および日本企業の背後に潜む基本問題に取り組むことができないのではないかと。当然のことながら、技術が伝播せず国内に留まるのであれば現状のままでもよい。

3.3 アジアの成長と共に歩むための処方箋

① 術が伝播し難い産業領域への政策誘導を起点にした産業構造改革

これまで何度か繰り返したように、丸ごと擦り合わせ型、あるいは丸ごとブラックボックス型と言われる製品領域なら、確かに日本がグローバル市場で圧倒的な強さを見せ、企業収益と地域の雇用に貢献する。日本が研究開発投資をして独自技術を生み出してもその成果が伝播し難いためであった。この意味で、日本の技術イノベーションの成果をグローバル市場の競争優位へ直結させるための第一の処方箋は、瞬時に技術伝播が起きてオープン分業型へ転換する技術分野ではなく、技術伝播し難い技術体系に対して国の助成を集中させる、という政策転換である。技術伝播が起き難く日本の比較優位を長期に維持できる産業領域に特化すべき、と言い換えてもよい。¹²² 技術伝播がなければ国の助成で生まれる成果が国内に留まり、日本企業の競争優位へ結び付きやすい。¹²³ 日本の建設機械がグローバル市場で競争優位を維持できているのは、擦り合わせ型の基幹部品が日本企業に留まってオープン市場へ伝播しないためであった。

この考えを拡張すれば、日本は太陽電池のセルやモジュールに対してではなく、むしろその上流側の基幹材料、あるいはセルやモジュールを活用するソリューションとしての下流側のシステム技術体系、まるごと伝播し難い風力発電の技術体系、そしてこれらを統合化するシステム技術体系に国の助成を集中すべき、ということになる。更には、丸ごとブラックボックスを長期に維持して技術が伝播し難い機能材料や複合部品、および試験設備・製造設備などの中間財へ国の助成を集中させるべきである、という主張でもある。

後知恵ではあるが、CMOS系の半導体デバイスでは無く、もっと早く次世代パワー半

日本と日本企業の方向性を論じる背景がここにある。これによってはじめてデジタル化がもたらす経営環境のパラダイムシフトを世界共通の事象として捉えることが可能になる。擦り合わせとは日本企業に特有の組織能力ではなく、欧米の多気企業にも擦り合わせ協業が競争力の源泉になっている事例が多く見られる。例えば21世紀の現在でも、代表的な擦り合わせ型製品であるアナログLSIやハードディスク産業で圧倒的な国際競争力を持つのがアメリカ企業であり、日本企業の存在感は非常に小さい。

¹²² グローバル市場ではなく国内市場だけで内需を創り出し、ここから雇用や成長に結びつけるのであれば、医療・健康・農業などの分野を活性化させる技術イノベーションを重視すればよい。しかしここでは、産業政策よりもむしろ規制緩和だけが残された最大の課題ではないか。また日本の輸出依存度が先進工業国でも非常に低く、わずか11%(2009年)に過ぎない(韓国:41.5%,ドイツ:33.5%,フランス:18.1%,イギリス:16.2%,アメリカ:7.4%)。しかしながらGDPに対する輸出比率が非常に少ない日本であっても、多くの統計データによれば、日本のGDPが内需ではなく輸出によって伸びてきた。これも厳然たる事実である。

¹²³ ケインズ政策が公共投資に収集してきたのは、公共投資なら成果がその国に留まって国民に直接還元できるからだったのではないかと。

導体の開発に対して集中すべきだったということになる。もし CMOS 技術へ巨額の国税を投入するのであれば、同時に経済特区などを設定したイコール・フッティングともいうべき、出口サイドを重視するビジネス制度を国内に作るべきだったのである。¹²⁴ 地方に点在する半導体関連の産業クラスターの現状を見れば、これらの後知恵に説得力があることも理解されるであろう。

日本は 1990 年代の茎から地域クラスター政策に本格的に取り組んだ。これを 21 世紀の現在の視点で見れば、我々はアジア諸国が 1990 年代に再設計した比較優位の産業政策を全く知らずにこの政策を立案・推進した。1970 年代から 1980 年代、すなわち産業構造の歴史的な転換が起きる前であって技術の伝播/着床スピードが非常に遅かった時代の事例で構築されたアメリカの理論を直輸入し、ここから地域産業クラスター政策を推進したのである。社会科学としての学問が本質的に内包する課題がここにもあった。

②比較優位の国際分業を前提にした出口主導型産業政策への転換

第二の処方箋は、アジア経済圏の中で日本企業を位置付けながら比較優位の国際分業を前提とした政策転換である。最近になって非常に期待できる政策が、若い官僚達によって実現された。例えば、技術イノベーションの成果を雇用に結びつけることを前面に出した最初の産業政策として、平成 21 年度補正予算（2009 年 12 月）で認められた“低炭素型産業の国内立地推進事業”がある。主な助成対象は、日本企業がグローバル市場で強い競争力を維持している産業領域に限定されており、この対象になったのはやはり機能材料や基幹部品であった。300 億円の政府助成によって 1,400 億円の国内投資を呼び込み、35 の都道府県で 17,500 人の雇用創出（4 年間の累計）に寄与するという。また雇用が生まれることにより、4 年で 270 億円の国庫収入も期待できる。

これらは、企業人と同じ高度 1.5 メートルの視点で日本企業の現場を見る若き官僚達によって立案・実施された最近の快挙である。平成 22 年度の補正予算ではこれが 1,100 億円の政府助成へと拡大した。これを契機に 5,000 億円以上の民間投資が生まれるという。基礎研究や新技術開発という供給サイドではなく、上記のように出口側に投入されるのであれば、たとえ僅かな国税の投入であっても雇用や成長へ大きく貢献する事実を、我々は再度認識したい。

確かに日本は供給サイドの技術開発投資によって世界に誇る多くの技術イノベーションを生み出したが、多くの産業分野でこれが瞬時に国外へ伝播（流出）してオープン国際分業型へ転換する、という現実を踏まえた政策や事業戦略がこれまで不足していた。1996 年から現在まで 60 兆円の国税を含む 200 兆円もの研究開発投資を行い、世界に誇る多数の技術イノベーションを生み出してきたものの、これを国内の雇用や成長に結び付ける仕組

¹²⁴ 2000 年代の初期に日本でも大規模ファンドリー（半導体デバイス専用の量産工場）を産官連合で作るべきだという議論が盛んになったが、ここで台湾や韓国のビジネス制度設計が日本とどう違うかの議論が無かったという。学問が現実に追い付けずに巨額の国富を失う典型的な事例がここにもあった。日本の半導体産業がイコールフッティングになっていないことで劣勢に立つ様子は、立本(2009)を参照のこと。

みや企業の国際競争力に結び付ける仕組み作りが欠けていた。その仕組み作りを支える基本的な視点が、技術伝播スピードおよびスピードを左右する人工物の設計の在り方であり、そしてスピードをコントロールするビジネスモデルや知財マネジメントであることを、ここで再度確認したい。

確かに 1996 年からスタートした第一期科学技術基本計画では、明らかに基礎研究を重視する Solo 型外生的成長モデル思想が取り込まれていた。その背景に 1980 年代から 1990 年代初期の日米構造協議の強い影響があったのも事実である。¹²⁵ Romer 型の内生的成長モデルに関する議論がアメリカで収束して 5~10 年後の 1990 年代末になると、今度は内生的成長理論の考え方も取り込まれ、この延長で科学技術基本計画の成果の社会還元が議論されるようになった。しかしここでも、技術革新が国や企業の競争優位に直結するというリニアモデルの思想が暗黙の内に仮定されていたのである。¹²⁶ 技術伝播が国や企業の競争力に与える影響が議論された形跡は無い。

したがって国や企業の役割は、研究開発資金の投入という供給サイドを主導し、技術イノベーションを加速することであった。製造段階で競争優位を築くための“行政側の出口政策”はもとより、研究開発投資が生み出す技術成果や知的財産を競争優位へ転換させる“企業側のビジネスモデルや知財マネジメント”、が強調されることがなかった。

残念ながら、このようにここでも学問が現実には追い付いていなかったのだが、日本の若き官僚が現状突破に向かって行動を起こしたのである。

③企業と市場の境界設計を起点に全体最適の方向付けを担うアーキテクト型人材の育成

第三の処方箋は、ビジョンを示し、部分最適の集合体を排し、そして常に全体最適に向けて方向付けするアーキテクト型経営幹部の育成である。同時に、アジアの成長と共に歩むビジネスモデルや知財マネジメントを担う、ビジネス・アーキテクト型人材の育成である。自前主義を離れて自社と市場の境界を事前設計し、アジア企業を競争相手ではなくパートナーとして位置付けながら、比較優位の国際分業を経営戦略に取り込む人材育成、と言い換えてもよい。¹²⁷

21 世紀の日本企業にとって自社と市場の境界設計が極めて重要になる。ここで特に留意すべき点は、巨額の投資から生まれる技術ノウハウや知的財産を武器に、企業（自社）からグローバルなオープン・サプライチェーンに対して強い影響力を持たせる仕組みの構

¹²⁵ 平成 20 年度版の科学技術白書は、この時点ですら Solo モデルを象徴する全要素生産性、いわゆる Solo 残差、がキーワードになって政策が進められていることを示している。

¹²⁶ 例えば北澤(2010)にその一面を見ることができる。

¹²⁷ フルセット垂直統合型の企業制度から脱皮し、新たに企業と市場の境界設計という思想を持ち込まないと、アジア企業をパートナーと位置付け、アジアと共に歩む、という経営戦略への転換は困難である。1980 年代から 1990 年代の欧米企業でも現在の日本企業と同じように、伝統的な大規模企業であるほどこの転換が困難であった。しかしこの困難を乗り越えた欧米企業が、1990 年代の後半からアジアの成長と共に歩みはじめたのも厳然たる事実である。

築である。¹²⁸ これを担うのが、ビジネスモデルと知財マネージメントを縦横に駆使するアーキテクト型の人材と定義した。

例えばインテルやマイクロソフト、シスコシステムズ、そしてノキアもアップルも、いずれもグローバル市場に生まれる巨大な国際分業の中で技術と知財を独占できる領域を選び、集中していた。企業と市場の境界を事前設計し、企業が自ら生み出す技術イノベーションの成果を独占し、この独占領域からオープン国際分業型のグローバル市場を支配するメカニズムが、技術、特許、そして契約と組み合わせながら構築されていたのである。¹²⁹ 最近の iPod や iPhone, iPad もその典型的な事例であって決して例外ではない。まず自社の技術イノベーションと知的財産をエンドユーザーに近い出口側へ集中させ、また部品材料サプライヤーとの接点になる技術領域に知財を張り巡らし、これらの知財の使い方を契約行為と結び付けることによって、完成品市場を独占するメカニズムが iPod や iPhone, iPad の背後に存在していたのである。我々の目に見えない全く別の上位レイヤーから業界に対して強い影響力を持つ仕掛けができていた。

しかしながらこのようなアーキテクト型のマネージメントが機能する産業領域では、残念ながら日本企業の存在感が非常に薄い。ここではいわゆる統合型の企業制度が競争優位に殆ど結び付かなくなっているのである。そもそもこれまでの我々には、企業と市場の境界設計をビジネスモデルや知財マネージメントの前面に出す発想が無かったのではない。非常に残念だが、学問が現実に追い付いていない事例がここにもあった。

我々がこれまで語り継いだのは、ハードパワーとしてのものづくりであった。背後で仕掛けを作るソフトパワーとしてのアーキテクトの重要性が議論されることはなかった。

¹²⁸ 境界設計については、すでに D. Teece が企業間分業型の市場を念頭に置いて議論しており、外部環境への適合だけでなく、外部環境の形成やビジネスモデルという企業家的な視点を含むダイナミックなケイパビリティの重要性が強調されている。彼の論点は進化論的社会科学や行動科学を起点にしながら、ケイパビリティの構築を論じたものであり、製品という人工物の設計論を起点した本稿の論点と対極にある。したがってビジネスモデルや知財マネージメント、すなわち企業が市場のオープン・サプライチェーンに強い影響力を持たせる仕掛けこそがオープン国際分業構造の中の競争優位構築で圧倒的な影響を持つという、本稿の主張（実ビジネスの現場の視点）は、また Teece (2007) の理論枠組みに取り込まれていない。同じようにケイパビリティを論じたラングロアは、チャンドラー的な“見える手”がオープンな国際分業の産業構造で“消えゆく手”になったと主張している (Langlois, 2003)。しかしながらグローバル・ビジネスの現場では、企業内部に留まっていた“見える手”がインタフェースやプロトコル、そしてまた知的財産のマネージメントを介してオープン市場と強い相互依存性を持つ仕掛けを作り、企業の内部からオープンなグローバル市場に向かって支配力を更に強化するまでになっている。この意味で“消えゆく手”という理論はグローバル市場に生まれた実ビジネスの実態を全く理解していない。“見える手”の範囲をグローバルなオープン・サプライチェーンまで拡大させた代表的な事例がインテルであり、ノキアやシスコシステムズであり、マイクロソフトやアドビ、アームであり、そしてグーグルやアップルだからである (小川, 2008, および 2009a の第 2 部と第 3 部)。この意味で、ビジネスの現場からみた Langlois の理論は正しくない。一方、武石はクローズドな分業構造を取る日本の自動車産業を取り上げ、ここから内部組織の仕組みや知識マネージメントの重要性を理論的・実証的に示している (武石 2003)。しかしながら武石自身が指摘しているように、ここにはコストの視点を取り込まれていないという意味で、アジアの成長と共に歩む日本および日本企業を論じる枠組みへ武石の理論を拡張するのは困難である。日本以外の国々、特に途上国では、既に自動車産業ですらクローズドな系列内部の分業では無くオープンな企業間分業が当たり前になっている。輸入学問でなく日本企業の視点に立つ独自の理論体系が 21 世紀の我々に求められているのである。

¹²⁹ 小川紘一 (2009c) および小川紘一 (2009a) の第 2 部と第 3 部の事例参照

1970年代までの全ての欧米企業と同じく、そして1980年代に見る欧米のデジタル・エレクトロニクス産業以外の企業と同じく、フルセット垂直統合型の企業制度の中では、ビジネス構造の全体系を把握し、ビジネスモデルと知財マネージメントを駆使し、そしてグローバル市場をコントロールする仕組みを構築し、世界中のイノベーション成果を自社の収益に直結させるアーキテクトを、全く必要としなかったからである。ここで言うイノベーションとは技術革新だけでなく、社会システム側のイノベーションや途上国のイノベーションな経済成長も含むのは言うまでもない。

確かに日本国内や先進工業国の市場だけを対象にした製品、あるいは技術伝播が起き難い産業領域なら、21世紀の現在でもビジネス・アーキテクトを必ずしも必要としない。しかしながら、デジタル化を象徴するマイクロプロセッサ(MPU, MCU, DSPを含む)は、2015年で300億個が、2025年には600億個という想像を絶する数が製品に内蔵される。人工物としての製品設計にデジタル技術が深く介在して産業構造を一変させ、アジアと先進国が比較優位の国際分業型へ踏み出すグローバル経営のパラダイムシフトが、今後は至るところで起きようとしているのである。

従って我々は、日本をアジア経済圏の中で位置付け、そしてアジアの成長と共に歩むために、企業と市場の境界を事前に設計し、そしてビジネスモデルと知財マネージメントなどのキーワードに象徴されるソフトパワーを磨かなければならない。ソフトパワーを担うビジネス・アーキテクトを養成すること無くして、アジアの成長と共に歩む処方箋を作ることが出来ない。

日本は、今後も数々の独自技術を生み出してきた。今後も生み出すはずである。しかしながら我々は同時に、技術イノベーションの成果をグローバル市場の競争優位に結びつける仕組みとしてのビジネスモデルや知財マネージメントを、“アジア経済圏の中でアジアの成長と共に歩む”、という視点から、製品企画の段階で事前設計しなければならない。同時に国は、これを製造段階で支える出口サイドの競争政策を事前設計しなければならない。競争政策に、デジタル技術(ソフトウェア)の介在と製品アーキテクチャの転換を前提にした“比較優位の国際分業”という視点から日本の産業構造を見直し、国内で経済特区の設置や法人税の大幅低減を含むビジネス制度を再設計しなければならないのは言うまでもない。そしてこれらを担うアーキテクト型人材を育成しなければならない。

デジタル化とは、技術の問題だけでは決してない。デジタル化とは、産業構造と企業制度の大転換であり、アジア経済を急成長させるエンジンであり、アジアと先進国が比較優位の国際分業型へ踏み出すグローバル経営のパラダイムシフトなのである。この視点によって初めて21世紀の日本および日本企業の方向性を語るができる。したがって21世紀の日本は、技術イノベーションとビジネスモデル・イノベーション、そして政策イノベーションが密接に連携する三位一体型のイノベーションシステムが必須の時代環境に置かれている。従来の技術イノベーションだけでなく、ビジネスモデルと出口サイドの競争政策が事前設計されることではじめて、国内で起業が増え、超円高であっても国内の工

場が国際競争力を持ち、雇用が生まれて経済成長に結びつく時代となったのである。

参考文献

- 青島矢一、武石彰、マイケル、クスマノ(2010)「メイド・イン・ジャパンは終わったのか」
東洋経済新報社
- ウォルター・キーチェルⅢ(2010)「経営戦略の巨人たち」、日本経済新聞社
- 小川紘一(2008a)「我が国エレクトロニクス産業に見るモジュラー化の進化メカニズム
—マイコンとファームウェアがもたらす経営環境の歴史的転換—」、
赤門マネジメントレビュー、第7巻2号、
- 小川紘一(2008b)「我が国エレクトロニクス産業に見るプラットフォームの形成
メカニズム」、赤門マネジメントレビュー、7巻6号
- 小川紘一(2009a)「国際標準化と事業戦略」、白桃書房
- 小川紘一(2009b)「日本の国際標準化をどう考えるか」東京大学知的資産経営・
総括寄付講座 IAM Discussion Paper Series #09
- 小川紘一(2009c)「製品アーキテクチャのダイナミズムと日本型イノベーションシステム
—プロダクト・イノベーションからビジネスモデル・イノベーションへ—」、
赤門マネジメントレビュー、第8巻2号、
- 小川紘一(2009d)「製品アーキテクチャのダイナミズムを前提にしたビジネスモデル・
イノベーション」、東京大学ものづくり経営研究センター、デスクッション・ペイ
パー、No. 205
- 小川紘一(2010a)「国際標準化が創るグローバル市場の経営環境と日本型の企業制度が抱え
る課題」東京大学知的資産経営・総括寄付講座 IAM Discussion Paper Series #011
- 小川紘一(2010b)「知財立国のジレンマ」東京大学知的資産経営・総括寄付講座
IAM Discussion Paper Series #015
- 小川紘一(2010c)「比較優位の国際分業と途上国の経済成長におよぼす国際標準化の役割」
東京大学知的資産経営・総括寄付講座 IAM Discussion Paper Series #018
- 北澤宏一(2010)「科学技術は日本を救うのか」、デスクカバー・トゥエンティーワン
- 新宅純二郎(2010a)「グローバリゼーションにおける日本企業のものづくり戦略」
『NIRA 政策レビュー』No.47, 7月, 4-6.
- 新宅 純二郎(2010b)「経済教室 円高と空洞化：産業財の競争力がカギ」
日本経済新聞、2010年10月1日。
- 坂根正弘(2011)「ダントツ経営」、日本経済新聞出版
- 高橋 進(2010)「ICT活用による製造業ビジネスモデルの創造と変革」
2010年映像情報メディア学会年次大会(2010年9月)
- 武石 彰(2003)「分業と競争」、有斐閣
- 斉藤修(2008)「比較経済発展論」、岩波書店
- 立本博文(2009)「国際特殊的優位が国際競争力に与える影響：半導体産業における投資優
遇税制の事例」『国際ビジネス研究』Vol. 1, No. 2,

網川紗矢香(2010)「コマツの起業(社内ベンチャー)の成功事例・失敗事例から考える

「ものづくり価値革新」、2010年映像情報メディア学会年次大会(2010年9月)

沼上幹、軽部大、加藤俊彦、田中一弘、島本実(2007),『組織の<重さ>』、日本経済新聞社

Langlois,R.N(2003)「The vanishing hand:the changing dynamism of industrial capitalism」,Industrial and Corporate Change,Vol.12,p.351

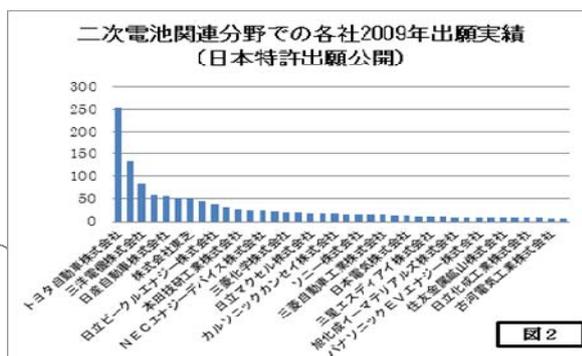
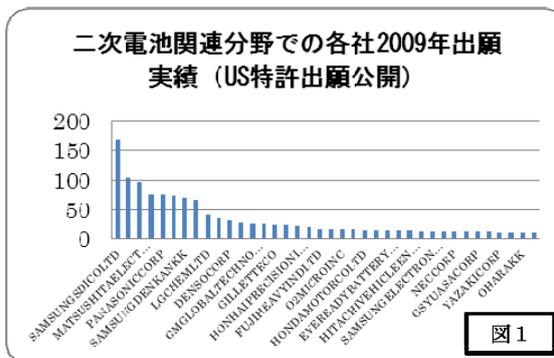
Teece,D,J(2007)「Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance」,Strategic Management Journal.28(13),p.1319

2. 自動車業界各社のコア技術間距離測定分析（担当 渡部俊也、暁博）

I. 始めに：

近年、自動車アーキテクチャーのモジュール化の進展により、伝統的な車両メーカーと他業種のメーカーとの提携が頻繁になってきた。電機業界の各メーカーとの提携は典型的な例であり、部品供給や共同研究などが行われている。一方で、電気自動車時代の到来を備え、車両メーカーも、積極的に従来の主力分野以外の技術領域（特に電気関連の技術領域）に乗り出している。その結果、車両メーカーの保有する技術群と電気メーカーの技術群の関連性が高まっており、双方の技術群が接触している技術領域で研究開発（各自の研究と共同研究の両方を含む）が活発に行われ、その成果としての特許も盛んに出願されている。その代表的な一例として、電気自動車用二次電池の出願状況を下記の図で示した。ここで図1はアメリカにおける二次電池の特許出願2009年公開データであり、図2は日本における同出願の2009年公開データである。図で分かるように、自動車用二次電池関連技術分野において、自動車メーカーも電池メーカーも多数の特許出願が行われていることが分かる。

上記のこの提携関係、並びに自動車アーキテクチャーのモジュール化の進展は、車両メーカー及び電気メーカーのコア技術の間の関連性に影響を及ぼすはずである。このとき、



コア技術間関連性の変動は、コア技術の間の相互距離の変化によって評価できると考えられる。

よって、本研究は、年次ベースで対象企業社内のコア技術の間の距離、及び提携関係を持つ

対象企業の各自のコア技術の間の相互距離を測り、提携関係にコア技術間の関連性は如何に技術間距離の変動に反映するのかを観測し、更に技術間距離の変動によって、各メーカーのゴア技術間関係の変動傾向を研究することを目的とした。

II. 研究方法及び期待効果：

本研究の分析ツールとして使われていた技術間距離の定義式は以下のとおりになる：

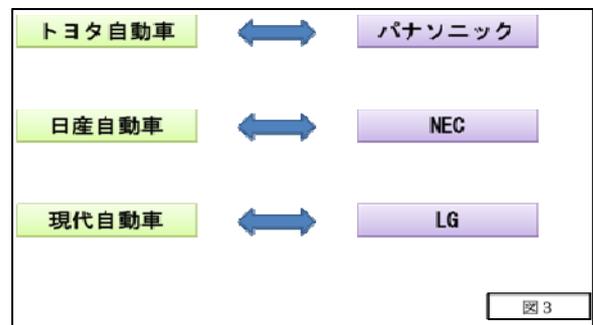
$$C_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n W_{ik}W_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n W_{ik}^2 \sum_{k=1}^n W_{jk}^2}}$$

その中に、 C_{ij} は測定対象となる技術分類 i と j の技術間距離であり、 n は評価に使われる特許の総件数、 W_{ik} は技術分類 i 及び k が同時に付与される特許の件数である。

上記の式から分かるように、二つの技術分野間の技術間距離はその二つの技術分類が同時に付与される特許の数で測られるので、その値は同一技術分類の関連性を反映している。例えば、トヨタ自動車の特許で F02D (IPC サブクラス分類、燃焼期間制御関連) と B60K (同 IPC サブクラス分類、動力伝達装置関連) の間の距離を測って、その距離が短ければ、それはトヨタ自動車にとって、燃焼期間制御関連の技術分野 F02D と動力伝達装置関連の技術分野 B60K の関連性が高いことを意味している。

使用データ：

本研究は、提携関係を有している自動車メーカー及び電機メーカー 3 組を選び、それぞれの 2001～2010 のアメリカにおける特許出願 (2009 年及び 2010 年の特許出願については、公開されている特許のみ) のデータを分析対象とした。六社の提携関係は図 3 の通りとなる。



コア技術の特定方法：

各社の特許出願分類情報を抽出し、分類 (IPC サブクラスレベル) 別で各社の 11 年間総出願数を統計し、各社の出願数をもっとも多い三分野を特定して、それぞれのコア技術とする。特定できたコア技術分野は右表のようになる。

コア技術として特定された技術内容	
サブクラス分類番号	技術内容
B60K	車両の推進装置または動力伝達装置の配置または取付け、複数の異なる原動力の配置または取付け、補助駆動装置、車両用計装または計器板、車両の推進装置の冷却、吸気、排気または燃料供給に関する配置
B60R	他に分類されない車両、車両付属具、または車両部品
B62D	自動車、付随車
F02D	燃焼機関の制御
F16H	伝動装置
G02F	光ビームの強度、色、位相、偏光または方向の制御
H01L	半導体装置、他に属さない電気的固体装置
H01M	化学的エネルギーを電気的エネルギーに直接変換するための方法または手段
H04N	画像通信

技術間距離測定内容：

1. 提携同士の全特許で同士それぞれのコア技術間の相互距離 (年次ベースで測定、変化傾向を観察)

測定目的： 提携関係を持っている企業同士のコア技術はお互いに近づくかを観測する。

例： トヨタ自動車とパナソニックの提携同士の場合、各年のトヨタ及びパナソニックの特許を合わせて、トヨタのコア技術 (トップ 3 分野) とパナソニックのコア技術 (トップ 3 分野) の技術間距離を測る。

2. 自社内の主要技術分野間の距離

測定目的： 社内のコア技術間の関連性の変化傾向を観察する。

例： トヨタ自動車の特許で、トヨタ社内での 3 つの主要技術間の距離を年次ベースで測り、その変化

傾向を見る。

3. 自社内特許で自社と提携相手のコア技術の間の距離を総合評価

測定目的：提携者同士の技術を繋ぐ働きを果たすのは、車両メーカーなのか、電池メーカーなのかを明確にする。

例：トヨタ自動車とパナソニックの提携の例で、トヨタ自動車の特許のみで両社のコア技術間の距離を測る。

III. 分析結果：

統計的に有意と思われる変化（技術間距離の値が平均的に 0.1 を超える技術分類同士）を抽出して、まとめた結果は図 4 と図 5 の通りである。（2009 年以降に出願された特許が公開されていない部分があるので、2009 年以降のグラフは新たな特許公開情報により変動する可能性がある

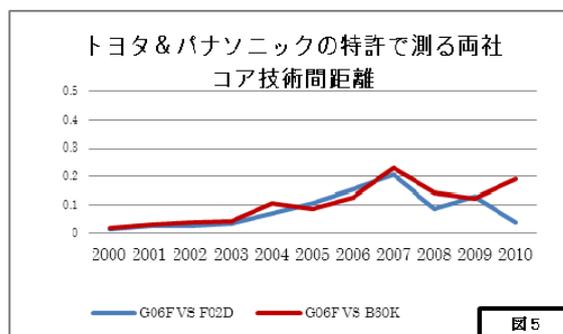
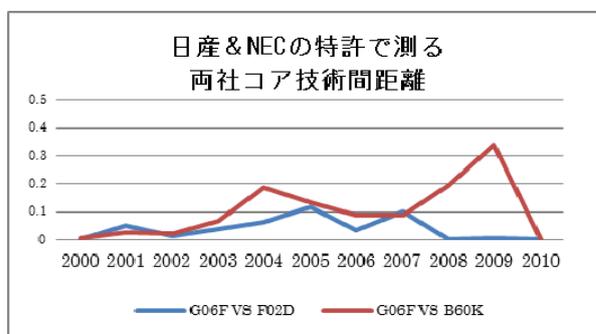
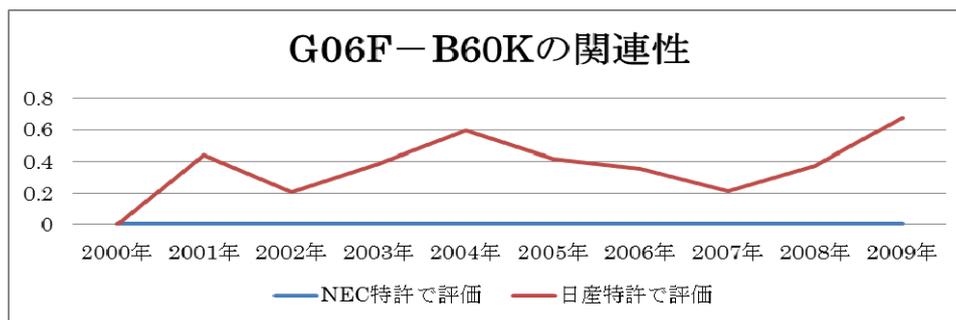


図 5

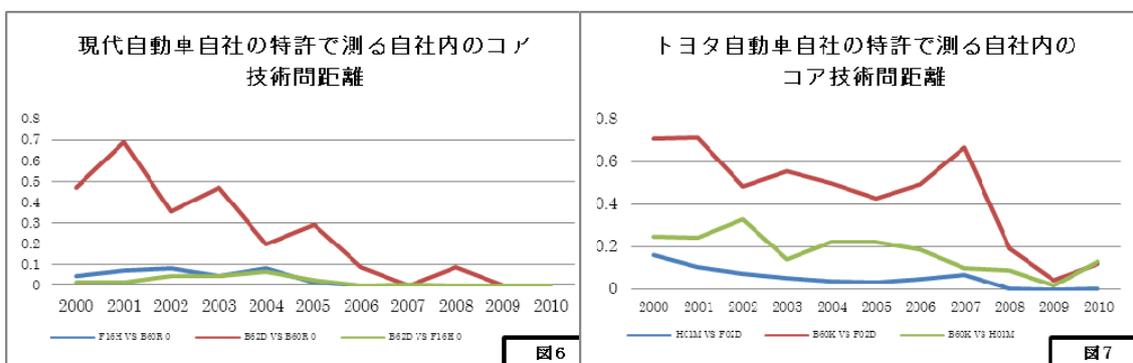
る。)

図 4 と図 5 から、技術分類 F02D と G06F 及び B60K と G06F は、トヨタ・パナソニックの特許で測定したときも、日産-NEC の特許で測定したときもその関連性が高くなる傾向が読み取れる。この結果から、戦略的な提携関係を有することによって、日系自動車メーカー及び電機メーカーの一部のコア技術の関連性が密接になることを示唆している。ただ、同じ傾向は韓国メーカー同士の LG-現代自動車の特許分析からは発見できなかった。

車両メーカーの特許で評価する場合、車両メーカーコア技術と電機メーカーコア技術の繋がりが見られるが、電機メーカーのみの特許で評価した結果からは、両方のコア技術の間の関連は小さく、その距離は極めて遠かった。よって、車両メーカーの技術が電機メーカーの技術に近づいている、つまり電機メーカーより、車両メーカーのほうがより積極的に提携相手の技術を自社の技術群に取り入れるような活動を行っていると考えられる。



一方で、自社の特許で自社のコア技術間の距離を測る結果、自動車メーカーの社内主要技術の間の関連性が低下する傾向があり、電機メーカーの主要技術の間は同傾向が見られない。これは自動車アーキテクチャーのモジュール化によって、車両の各部分のそれぞれ従来独立傾向を有するモジュールが形成していることを示唆していると考えられる。



IV. 結果に関するディスカッション

今回の技術間距離測定分析により、日産自動車&NEC、トヨタ自動車&パナソニックのケースで、技術分類 G60F-B60K 及び G60F-F02D の間の技術間距離が短縮していると観測できたが、一方で他の観測対象である H04N-F02D、B60K-H01L などの主要技術分類の間の距離の短縮が観測できなかった。(或は、測定できた値は 0.01 くらいで極小さくとなり、有意な統計結果とは言えない。)

その理由について、以下の三点が考えられる：

① 技術間距離定義式自体の問題点及び自動車製品アーキテクチャーモジュール化の影響：

前述の技術間距離定義式によると、技術間距離を算定する際に、一つの間接技術分類を経由して、測定対象となる二つの技術分類の間のつながりがカウントされているが、一方で、二つ及び二つ以上の間接技術分類を経由しての繋がりが完全に無視されている。一つの間接分類でエンジン関連の技術分類 F02D と電気関連の H01L を繋ぐケースが稀であると予想されるように、測定結果として、F02D と H01L の関連性が非常に薄く、その値有意な統計結果にはならなかった。更に、自動車製品アーキテクチャーのモジュール化が進展している影響をも考慮すると、エンジン関連の技術と電気関連の双方の技術がモジュールを形成して、一つの間接分野で両方のモジュールが繋がるケースは更に稀になるはずである。

上記の測定上の問題を解消するには、既存の技術間距離の定義を改善し、二個以上中間技術分類経路を許容する測定式によって評価することで、「コア技術間の関連性が増える」効果が観測できる可能性がある。

② **コア技術分野選定の問題：**

今回の研究で、各社の最近十年間で出願された特許の件数が最も多い技術分類をコア技術分類として選定した。だが、分析対象となる電機メーカー三社は共に総合電機メーカーであり、多数の事業分野を持っている。自動車メーカーと提携関係を有しているのが、主力技術分野の中の一つか二つに過ぎない可能性がある。よって、全ての主力分野のコア技術が車両のコア技術に近づくわけではないのも当然である。

③ **測定対象として選ばれた特許分類レベルの問題**

IPC 技術分類はクラス (例:H)、サブクラス (例:H01M)、クラスグループ (例:H01M0002) など多数の分類レベルがあるが、今回の分析はサブクラスレベルのみで行った。クラスグループのような下位レベルの分類を分析すれば、更に繋がり深いクラスグループレベルのコア技術同士を発見できるかもしれない。

V. 今後の研究予定

上記のディスカッションを踏まえ、今後は①技術間距離定義式改善案の提示及び新たな定義式によるコア技術間距離の測定、②クラスグループレベルでの技術間距離測定により、提携会社同士の技術群の繋がりが深くなるのか、及びその繋がり方（一例として、特許情報から検出できるインターフェース技術が存在するのか）などの分析を行う予定である。

VI. 参考文献

加藤 直規：「企業における技術導入とその多様化効果－特許サブクラス分類を使ったマイクロ分析－」，日本知財学会第5回年次学術研究発表会要旨集，2007，pp.214-217.

3. Strategic Alliances between Smart Grid Startups

(担当 渡部俊也、鄭賢錦)

1. PURPOSE OF STUDY

The “Smart Grid” is often described as the “Internet for Electricity” which will modernize our aging electricity distribution grids with the goals of reducing excess energy and taking renewable energy sources in.

Earlier 2008, after the U.S. president Obama took office, he issued a report of economic recovery plan. This plan announced that within the next 3 years, investing more than 40 billion dollars, 40 million U.S. households would install smart meters. The United States has been and will be leading the Smart Grid investment for the next several years.

Numerous factors are forcing the outdated energy distribution grids around the world to become smarter, from rising energy costs to environmental concerns. The factors have a wide range of areas, including advanced metering infrastructure, demand response, metering and so on. Therefore, Smart Grid is an absolutely huge technology system that cannot be achieved by only one enterprise or a single industry. Hundreds of enterprises, large and small, belonging to different industries, are participating in the smart grid. Furthermore, many of them have already built the partnership with each others. For example, Silver Spring Networks is a provider of smart grid solutions. Founded in 2002, Silver Spring Networks has built partnership with 31 companies by April 2011.

Different firm may have different motivations to form strategic alliances and most of those are based on the logic that each partner can bring strength or benefit to the participant. Although it is difficult to find out the motivations of alliances according to the external information, we have made an attempt to find a way to analyze from technology view, because the patent information is public and easy to get.

From a technical point of view, there are two kinds of basic relationship between partners, complement and reinforcement. In cases where partner firms do not have the same technology, creating alliances can allow them to share the technology. This type of alliance is based on complementary relationship. On the other hand, if partner firms have the same technology, alliances can help them to strengthen it. This type of alliance is based on reinforcing relationship. This study explores how firms’ technology or patent output is related to alliances in smart grid. Especially, since startups have less operating resource than large firms, the impact of technology on alliances is more notable in startups than in large firms.

Therefore, we examine how technology affects alliances of smart grid startups from the

following points of view. The first is technical area. It means whether the same technical area or different technical area is conducive to alliances. The second is the number of patents. In particular, the more patents the firm has, the easier it is to build partnership with the others. The third is the special technical area. It is that the firm participating in the special technical area has more partners than others.

2. METHODS

Data

We began our data collection by researching the smart grid startups. Referring to the home page and some other information from internet, 106 firms are listed. We downloaded the patent data searched by patent applicant which is company name from Thomson Reuter's database. The data revealed a total of 2298 patents of 106 firms. Each patent contains extensive information about the applicant, application date, classification, citation etc., all of which can be accessed in Excel form.

To examine how a firm's technology affects its strategic alliance from the above-mentioned points of view, we built a sample data from the downloaded patents. Firstly, we collected the partners of each firm in the list and got the patent data of partner firms. Furthermore, we found out technical areas of both the firm itself and the partners. We identify the technical area of each firm by U.S. classification of patents. Every patent is assigned to a six- or seven-digit number as classification. The first-three-digit number of classification is class and the remaining part is subclass. We addressed technical areas of each firm using patent class by the following steps: the first is to extract the class of each patent by firm. The second is to find out the most frequent class and define the class as technical area which the firm is participating in.

Variables

Each variable of independent variables, dependent variables and control variables are defined as follows.

Independent Variable

Alliances is the number of partners including large companies, smart grid startups and the other startups, the numbers of which are represented respectively as *Alliance1*, *Alliance2* and *Alliance3*.

Dependent Variable

Ap-patent is the number of application patents.

Same layer is a binary variable that take a value of 1 when there is at least one partner belonging to the same technical area and 0 when there is no partner belonging to the same

technical area.

Class370 is a binary variable that take a value of 1 when the technical area of the firm is class 370, which is defined as the generic class for multiplex or duplex systems according to U.S. classification. Otherwise, the variable takes a value of 0.

Class340 is also a binary variable that take a value of 1 when the technical area of the firm is class 340, which is defined as electrical communication. Otherwise, the variable takes a value of 0.

We choose class 370 and class 340 as observation objects because the two classes are more frequent than the others.

Control Variable

Stocklisting is a binary variable that take a value of 1 when the firm has already listed on the stock market. Otherwise, the variable takes a value of 0.

LogAge is a variable taking the logarithm of the firm age. We calculate the company age in the following way: age = 2011- (the year of foundation).

3. ANALYSES AND RESULT

In order to examine the effect of technology on alliances of smart grid startups, based on the sample data, we conducted correlation and linear regression analysis.

First, we summarize the results of the correlation matrix of the variables in Table 1. As expected, Alliances is strongly associated with *Ap-patent*, *same layer*, *class 370* and *class 340*. *Alliance1* is associated with *same layer* and *class 340*. *Alliance2* is associated with *Ap-patent*, *same layer*, *class 340* and *stocklisting*. *Alliance3* is associated with *Ap-patent* and *class 370*.

Table1 Correlations between the variables

		Alliances	Alliances 1	Alliances 2	Alliances 3	Ap-patent	same layer	Class370	Class340	LogAge	stocklisting
Alliances	Pearson の相関係数	1	.637**	.543**	.845**	.274**	.311**	.313**	.196*	.204*	.171
	有意確率 (両側)		.000	.000	.000	.005	.001	.001	.044	.036	.080
	N	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Alliances1	Pearson の相関係数	.637**	1	.418**	.253**	.046	.192*	.174	.205**	.087	-.051
	有意確率 (両側)	.000		.000	.009	.643	.048	.075	.035	.373	.602
	N	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Alliances2	Pearson の相関係数	.543**	.418**	1	.107	.292**	.477**	.152	.403**	.187	.194*
	有意確率 (両側)	.000	.000		.274	.002	.000	.119	.000	.055	.046
	N	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Alliances3	Pearson の相関係数	.845**	.253**	.107	1	.221*	.140	.280**	.010	.163	.166
	有意確率 (両側)	.000	.009	.274		.023	.154	.004	.920	.096	.089
	N	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106

**p<0.01 *p<0.05

Second, we conduct a set of regression analyses of alliances. In this analysis, we examine the effect of patent applications on alliances using variable *Ap-patent* along with binary variables *same layer*, *class370* and *class340*. We input *LogAge* and *stocklisting* as control

variables. The result is shown in Table 2. From model 1 to model 4, it is shown that *Ap-patent*, *same layer* and *class 370* have positive effects as observed on alliances. Some effects are significant at a $p < 0.01$ level. From model 5, it is revealed that *Ap-patent*, *same layer*, *class 370* and *class 340* affect alliances together because the value of adjusted R^2 is higher than that in the other models.

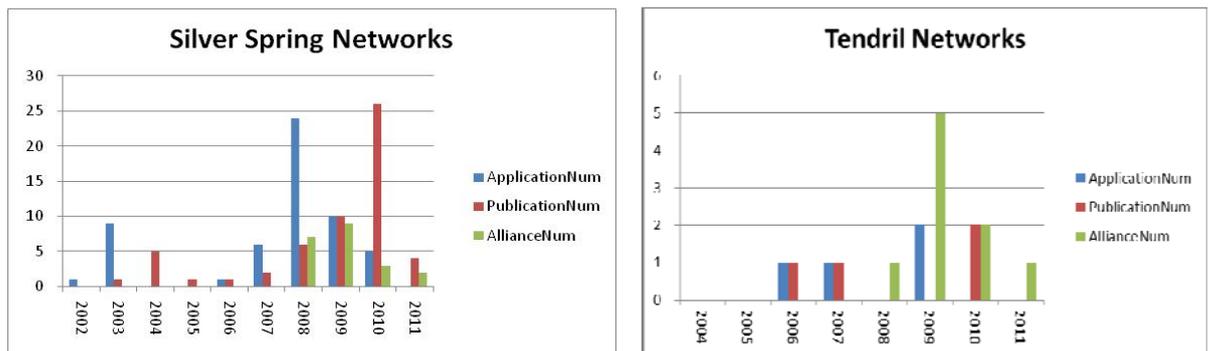
Table2 Regression analysis

Variables	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Ap-patent	0.049**				0.036*
same layer		7.662***			4.689
Class 370			7.347***		7.034***
Class 340				4.891*	2.317
LogAge	4.541	4.801	5.922	5.364	5.365*
stocklisting	0.863	1.719	1.624	1.875	-0.537
N	106	106	106	106	106
R ²	0.100	0.134	0.149	0.084	0.243
Adjusted R ²	0.073	0.108	0.124	0.057	0.197

*** $p < 0.01$ ** $p < 0.05$ * $p < 0.10$

Third, to further explain the causality between alliance and patent, we made time series of numbers of application patents, published patents and alliances. Graph 1 below is two samples of Silver Spring Networks and Tendril Networks. From these graphs, it is clarified that alliances basically come after the patent application and almost at the same timing with the patent publication. This result suggests that patent disclosure itself is not necessary for deciding alliance for their counterparts.

Graph 1 Time series of Patent application, publication and alliance



Based on the investigation, we can get the following conclusions. First, the players in the same technical area are easier to build partnership, which means that reinforcing relationship is more common than complementary relationship in smart grid alliances. Second, patent is conducive to alliances. The more patents a firm has, the easier it is to partner with other firms. Third, the firms which participate in class 370, meaning multiplex or duplex communication

system, usually have more partners. All of the three factors affect alliances together.

4. DISCUSSION

This study indicated the effect of technology on alliances of smart grid startups from three points of view. It also revealed that alliance usually come after the patent application and almost at the same timing with patent publication. This means that firms exchange the technology information privately before building a partnership. Alliance is related to the fact that the firm has the technologies but not related to whether the technology is open to the public.

There are two limitations in this study. One is that we use published patent data to investigate. As for the technologies which have not been published yet or will not be published, it is impossible to put them into investigation. The other one is that we could only collect the partnership information from internet. That means we only collected the alliances announced or opened to public. However, for the startups owning few operating resources, a partnership can be conducive to next alliance, so we consider that players are willing and positive to disclose the alliances with the other players.

5. FURTHER RESEARCH

This study reveals that the number of patents and technical area have positive effect on alliances of smart grid startups. However, from the regression analysis, the value of determination coefficient is low. We will get some other variables about business management of smart grid startups in order to build more effective model that can reveal the effect more clearly.