

IAM Discussion Paper Series #011

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

－ 日本型イノベーションシステムと企業制度(1) －

Business Institution of Japanese Firm in International Standardization

Japan's Innovation System and Business Institution of the Firm (Part 1)

IAM

Intellectual Asset-Based Management

2010年1月

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

東京大学 知的資産経営総括寄付講座

Intellectual Asset-Based Management Endorsed Chair
The University of Tokyo

※ IAMディスカッション・ペーパー・シリーズは、研究者間の議論を目的に、研究過程における未定稿を公開するものです。当講座もしくは執筆者による許可のない引用や転載、複製、頒布を禁止します。

<http://www.iam.dpc.u-tokyo.ac.jp/index.html>

国際標準化が創るグローバル市場の経営環境と

日本型企业制度

－ 日本型イノベーションシステムと企業制度(1) －

知的資産経営総括寄付講座：小川紘一

国際標準化は、先進工業国と NIES/BRICs の経済活動を連携させるグローバル政策ツールとなった。技術の伝播/着床スピードが速まって比較優位の国際分業が加速し、10~30 倍の巨大市場が瞬時に生まれるためである。人工物設計の深部にデジタル技術が介在すれば、技術モジュールの結合公差が飛躍的に広がる。同時に国際標準化が結合公差をオープン化しながら知的財産の機能を弱め、グローバル市場の利用コストを激減させる。市場を利用するためのコストが技術の伝播/着床スピードを左右していたのである。

このような経営環境がデジタル型のエレクトロニクス産業で当たり前のように観察されるが、同時に多くの日本企業が市場撤退への道を歩むのも厳然たる事実であった。国際標準化が生み出すオープン市場の利用コストが極端に低くなり、フルセット垂直統合型の経済合理性が崩壊するからである。

本稿は、上記の経営環境が日本のエレクトロニクス産業で顕在化した一連の背景をまず明らかにし、これを踏まえた標準化ビジネスモデルを論じる。また類似の経営環境が自動車産業でも顕在化する事実を指摘し、オープン化・国際標準化が生み出すグローバル経営環境の中で直面する日本型企业制度の基本問題を考えてみたい。

なお本稿は、2009 年 10 月のディスカッションペーパー(小川、2009c)を、技術モジュールの結合公差という視点を取り込んで改版したものである。設計プロセスにおける結合公差の拡大、そして国際標準化による公差のオープン化という概念の導入によってはじめて、これまで曖昧に放置された人工物の設計と国際標準化の関係、およびこれが国際競争力に与える影響を議論できるようになった。技術モジュールのインタフェースという従来の概念よりも、むしろモジュールの結合公差という新たな概念を導入することによって初めて、設計時の擦り合わせコストや市場を利用するためのコストの視点から自動車産業とデジタル・ネットワーク産業を同じ土俵で論じることも可能になった。そして人工物の設計と組織の経済や企業制度の在り方、ならびに個別企業/個別産業の行動とマクロ/ミクロ経済理論も同じ土俵で議論することが可能になる。

キーワード：国際標準化、結合公差、ビジネスモデル、取引コスト、企業制度、
垂直統合型、水平分業、比較優位、国際分業、電気自動車、蓄電池

目次 ¹

1. なぜ世界中が国際標準化なのか

- 1.1 国際競争力を強化させるソフト・パワー
- 1.2 グローバル市場を活性化させる産業政策

2. 国際標準化が生み出すグローバル市場の経営環境と企業制度

2.1 アジア諸国の制度設計が創る比較優位の経営環境

- 技術モジュールの結合公差拡大と韓国・台湾のデジタル型エレクトロニクス産業の興隆
- アジア諸国が完成させた比較優位の制度設計
- 欧米諸国の産業構造改革とアジア諸国企業の躍進

2.2 日本企業に企業制度の変革を迫る国際標準化の経営環境

- 国際標準化が創る比較優位の国際分業
- 国際標準化が創る産業構造の転換、フルセット垂直統合型の経済合理性崩壊

2.3 取引コストが激減する経営環境の到来と企業制度の変貌

- 製品開発・設計と技術の結合公差
- 結合公差のオープン化と取引コスト、企業制度の変貌

3. 標準化ビジネスモデル

3.1 ビジネスモデルを支える経営要素

3.2 標準化ビジネスモデル

- 標準化第一ビジネスモデル
- 標準化第二ビジネスモデル

4. 自動車産業の中ではじまる国際標準化

- 4.1 日本の国際標準化が抱える課題
- 4.2 ソフトウェアの自動車技術への介在と国際標準化
- 4.3 競争ルールの変化を想定した自動車の標準化ビジネスモデルとその考え方
- 4.4 大容量蓄電池の国際標準化とその考え方

5. アジアの成長を日本の成長に取り込む手段としての際標準化

参考文献

¹ 本稿は2010年1月に書いた内容を、人工物を構成する技術モジュールの結合公差という概念を導入しながら3月7日に書き直したものである。主な加筆箇所は2章の2.1、2.3および4.1と5章であり、最新のデータや知見を取り入れた。本稿で定義する公差とは、機械加工のパラツキなどという古典的な公差ではない。1月の時点で2章に取り込んだ“特許の役割と研究開発の役割の弱体化”は、小川(2010)で新たな論文に拡張した。

1. なぜ世界中が国際標準化なのか

1.1 国際競争力を強化させるソフト・パワー

標準化は日常生活のあらゆるところで人間社会を支えている。例えば度量衡の統一とその測定法、食物の安全基準、排気ガス規制、鉛フリー化などの国際標準化は、人間社会を支える人類共通のルールであり（和泉, 2009），これが持つ公共財としての役割は今後も変わることがない。食品に対する異物の混入問題や新型コロナウイルス問題も、人体に与える影響とその検査法が国際的に共有されていたからこそ、日本でも中国や韓国、インドでも、そしてアメリカ、ヨーロッパ、アフリカでも同じ基準で議論できるのである。ハイブリッド車や電気自動車および水素・燃料電池車などが地球温暖化防止で歴史的な役割を期待されるが、その商用化を支える蓄電池と圧縮水素の安全性に関する評価試験法もまた、公共財として世界で共有されなければならない。

技術革新がハード・パワーなら、その成果をグローバル市場へ展開させて競争力を強化するための国際標準化は、目に見えない仕組み作りとしてのソフト・パワーと定義できる。たとえば、欧州連合（EU）が2007年に約500億ユーロ（約6~7兆円、民間企業の出資を加えると約13兆円）で第7次 Framework Program(FP-7)をスタートさせ、基礎研究から市場展開まで視野に入れながら活動しているが、その成果をグローバル市場へ展開する強力な政策ツールとしても国際標準化が位置付けられている。

図1 欧州のFramework Program-7における国際標準化の位置付け

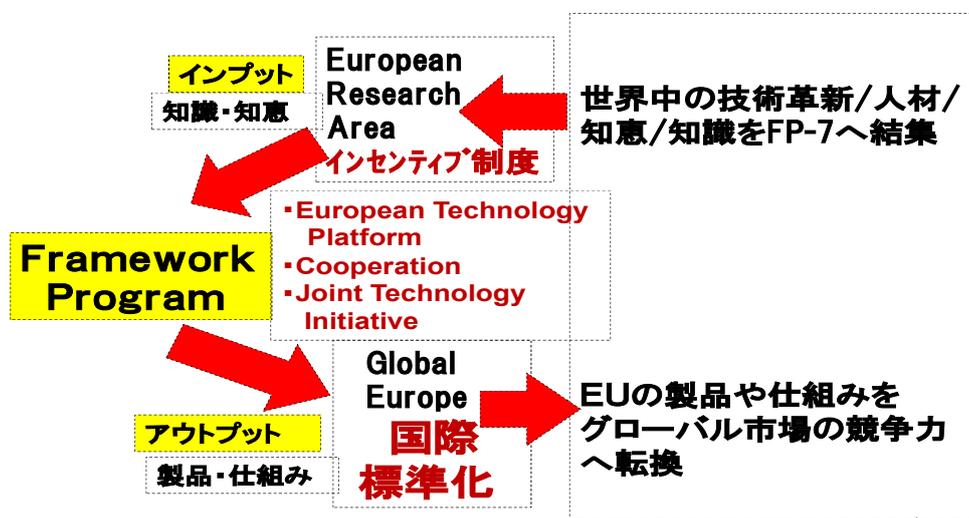


図1に Framework Program-7 と国際標準化との関係を示す。欧州連合の域内はもとより、欧州以外からもサイエンス/テクノロジー側のイノベーション成果を Framework Program-7 へ結集するグローバルなオープン・イノベーションの仕組みが European Research Area によって設定され、ここに多種多様なインセンティブ制度が組み込まれている。また2006年には欧州の国際競争力構築フレームワーク”Global Europe”が発表され(COM,2006)、欧州経

済からグローバル経済への架け橋として国際標準化が明確に位置付けられている。ターゲット市場が BRICs や Next Eleven 諸国へシフトしているのはいうまでもない。これらの仕組みが典型的なソフト・パワーである。

中国でもソフト・パワーとしての標準化が政策の中に広く取り込まれている。たとえば次世代ネットワークで中国独自の規格を国際標準にしたが、その背後にはヨーロッパ GSM 携帯電話方式の導入によって被った多くの政策課題があった。独自標準はこれを解決する手段と位置付けられたのである。またプリンターのビジネスで最も付加価値の高いトナー・カートリッジの標準化が、中国主導によって進められている。業界利益の大部分を占めるトナー・カートリッジがオープン標準化されれば、キャッチアップ型の中国企業に巨大なビジネス・チャンスが生まれる。一方、既存の市場に君臨してきた伝統的な日米企業には、新たな仕組み作りが迫られる事態となった。中国は、エネルギー関連でも標準化を重要な政策ツールに位置付けた。たとえば、半導体の世界で最も厳しい省エネ基準を中国標準へ取り込む機運にあるのが、その代表的な事例である。中国が世界に先駆けて推進する背景に、先進工業国の省エネ半導体技術を自国内へ定着させる意図もあるといわれている。このような政策にも、ソフト・パワーとしての標準化が使われるようになったのである。

1970年代のアメリカで、企業人がオープン標準化に関心を向けることは稀であった。しかしながら二度にわたる石油危機によって長期の大量失業とひどいインフレにみまわれ、既存の産業政策が全く機能しなくなって国際競争力も大きく低下した。そこで1980年のレーガン政権発足とともに産業政策をダイナミックに変え、産業構造の転換を促す法律を次々に成立させた。

特に独禁法の改定(1981年)と国家共同研究法の制定(1984年)は、それがオープン環境であって事前に登録すれば、複数企業の協業による技術開発が「当然違法の原則」から「合理の原則」と見なされるようになり、² 共同開発の成果をオープン環境で標準化するというソフト・パワーがビジネスモデルへ取り込まれていった。また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・ビジネスがオープン分業化へ転換する上で重要な役割を果たした。現在のアメリカ企業が当たり前のように語るオープン化や国際標準化の潮流がここからはじまり、1980年代にパソコンやネットワーク型産業の興隆を加速させた。アメリカ経済の活性化に多大な貢献をしたのはいうまでもない。さらに言えば、この産業構造転換を契機にアメリカ企業が多種多様なビジネスモデルや知財マネジメントを創出し、目に見えないソフト・パワーとして21世紀のグローバル市場に君臨する。³

² 宮田(2009)の4節

³ 例えば、小川(2009b)の第5章、第14章

1.2 グローバル市場を活性化させる産業政策

パソコンは1990年代から爆発的に普及したが、その原動力となったのがオープン標準化である。1980年代にせいぜい1,000万台だった市場規模が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。その背後で比較優位の国際分業が進み、アジア諸国の経済成長に多大な貢献をしたことも最近の実証研究で明らかになっている(小川、2009a)。

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加速し、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。国際標準化がコストを劇的に低下させたからである。そして、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。⁴ 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ないのではないか。また個人がオープン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はないか。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。

以上を図2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。

⁴ グラミン銀行については、ユヌス、モハマド(2009)

図2 国際標準化とデジタル技術によって市場規模が10倍以上に拡大

アナログ技術＋クローズド標準化 1990年代まで		デジタル技術＋国際標準化 2007年の時点	
アナログ携帯電話	3,300万台/年	デジタル携帯電話	12億台/年
VTR	5,000万台/年	DVD	5億台/年
MiniDisc	2,000万台/年		
銀塩フィルム カメラ	3,700万台/年	デジタルカメラ	
		DSC	1億台/年
		携帯電話用の カメラモジュール	7億台/年
アナログ・インタフェースの ハードディスク	100万台/年	デジタル・インタフェースの ハードディスク	5億台/年
フルセット垂直統合型		比較優位の国際分業型	

2

2. 国際標準化が生み出すグローバル経営環境と企業制度

2.1 アジア諸国の制度設計が創る比較優位の経営環境

●技術モジュールの結合公差拡大と韓国・台湾のデジタル型エレクトロニクス産業の興隆

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・ゴンビ氏は、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生まれたモジュール・クラスター型のパソコン産業の興隆があった。1981年のIBM PC登場、およびここへオープン標準化が介入することでモジュール・クラスター型の産業構造が興隆する。そもそもパソコンは設計の深部が全てデジタル技術で構成されていたので、基幹部品（技術モジュール）相互の結合公差が非常に広い。規格に記載された範囲であれば無限大の公差を持つと同じことになる。したがって規格がオープン化されるのであれば、技術蓄積が少なく、技術の全体系の一部しか持たないベンチャー型の企業であっても、市場参入が可能になった。

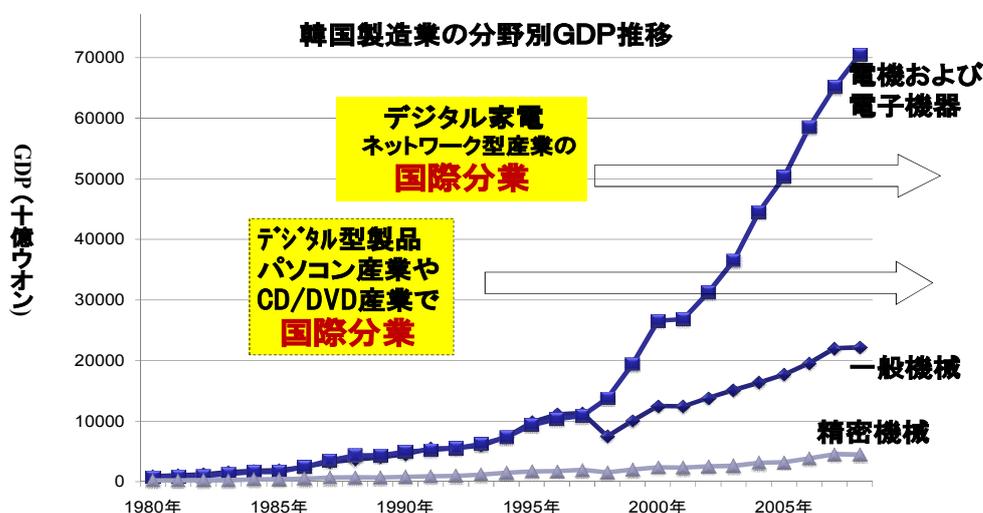
資金力が無く、パソコンという巨大なサプライチェーンの特定セグメントに集中せざるを得ないベンチャー企業は、巨額投資が必要なDRAM開発に手を出すことができない。⁵ し

⁵ 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

たがって必然的にオープン環境で調達するビジネスモデルを取らざるを得ない。イ・ゴンビ氏はここに DRAM のビジネス・チャンスがあると判断したのである。⁶

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基幹部品相互のインタ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。1990 年代になってパソコン基幹部品のデジタル・インタフェースが標準化されて多量に流通し、また 1990 年代の後半からデジタル家電の基幹部品が流通してオープン国際分業化が急速に進展した。⁷ 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たのである。

図3 韓国の製造業は国際分業が進むデジタル型の製品分野から GDP が急上昇



3

パソコンなどのデジタル型の製品であれば、インタフェース規約の範囲なら技術モジュールの結合公差が無限大になる、と同じ効果が生まれる。したがって基幹部品の結合インタ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

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。

⁶ 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。

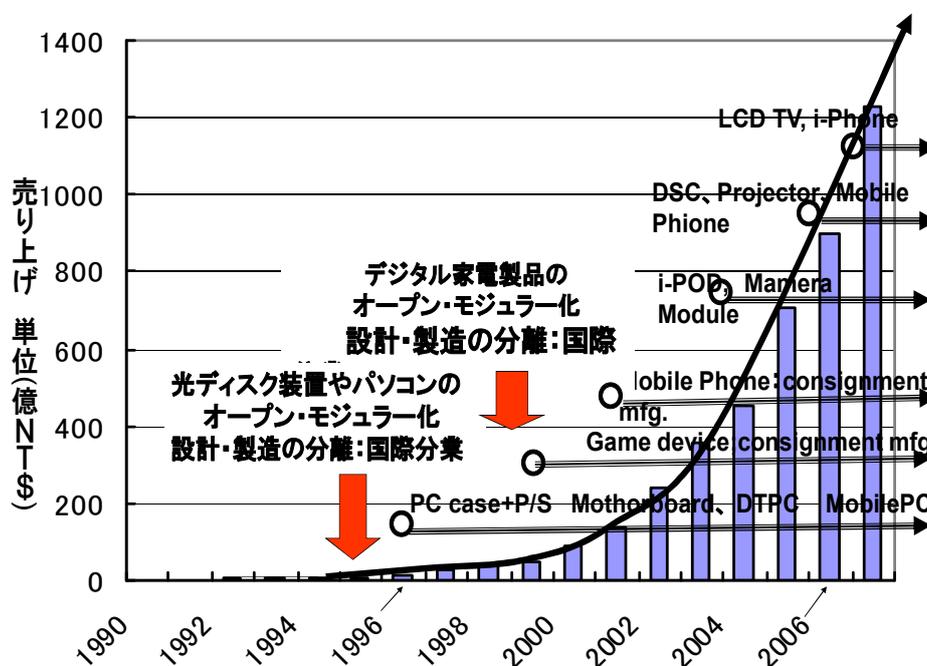
⁷ パソコンの製品アーキテクチャが 1980 年代の初期から 1995 年にかけてモジュラー型へ転換するプロセスについては小川(2009a)を参照。その深層には、本稿の 2.3 節で述べるように、組み立て製造公差の拡大とオープン化があった。

領域（技術モジュール）を一切知らなくてもインタ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3に示すように、韓国の電機・電子産業は、国際的な比較優位の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し難く、したがって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。技術の伝播スピードや同じ産業の中で起きる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。たとえばEMS(Electronic Manufacturing Service System)は、設計と製造が分離しないと興隆できない産業である。この意味でEMSは国際的な水平分業を象徴する産業である。しかしながら世界最大のEMSとして名高いFoxconnは、IBM PCが世に出て2年目の1983年に創業したものの、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。その様子を図4に示すが、基幹部品の結合公差が完全オープン化されず、設計と製造の完全分離が起きていなかったため、製造専門のFoxconnの出番が無かったのである。

図4 設計と製造が分離するタイミングで台湾のFoxconnが大躍進



東京大学:小川敏一

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

台湾の EMS やパソコン産業および半導体産業に飛躍のチャンスが生まれたのは、オープン標準化を最も巧みにビジネスモデルへ取り込んで完成させたインテル・プラットフォームの登場からである（小川、2008b）。それは、インテルによるマザー・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、ここから設計と製造が完全に分離する1995~1996年以降のことであった（小川、2009a）。製品設計にデジタル技術（マイクロ・プロセッサとこれを動かすソフトウェア）が深く介在することで基幹部品の結合公差が飛躍的に拡大するが、インタフェースのオープン化を徹底させながら Turn-Key-Solution 型のプラットフォームを台湾に提供するインテルのこのビジネスモデルは、結果的にパソコン基幹部品のインタフェースと結合公差が完全オープン化されたのと同じ経営環境を台湾企業群にもたらしたのである。

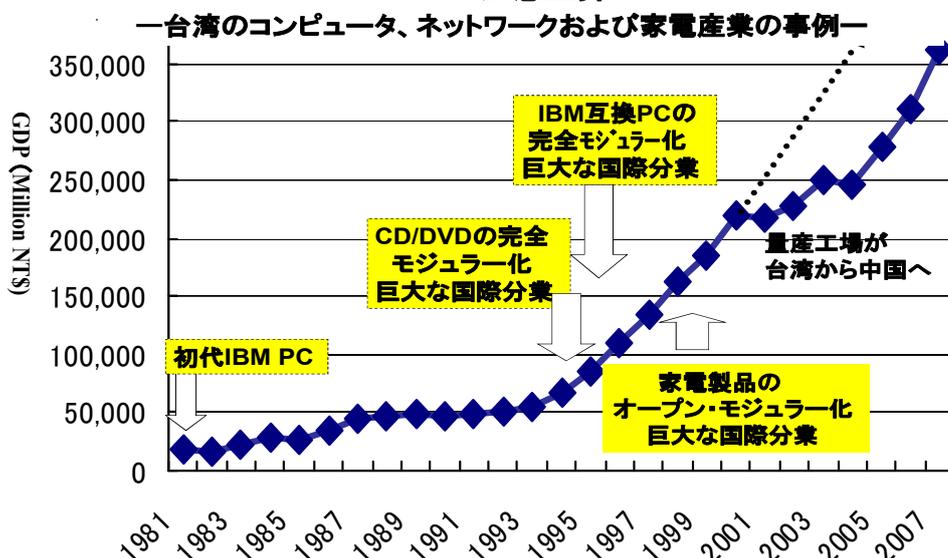
マイコンが製品設計に介在することで完成品を構成する基幹部品インタフェースが形式知化され易くなり、同時に結合公差も飛躍的に広がる。ここから部品の単純組合せで完成品を量産できるようになり、設計と製造の分離がオープン環境で進展する。これが最初に顕在化したのが、既にデファクト標準化されていた据え置き型の VTR 装置(1984~1985年)や CD-ROM 装置(1994~1995年)であった。この延長に、国際標準化によってオープン化された DVD プレイヤー(2001~2002年)が来る。

マイコンが製品設計に介在する以前の VTR や CD-ROM は、決してオープン国際分業が起きることはなかった。初期のころは、全てアナログ技術で構成されていたためである。アナログ的な技術体系なら、たとえ標準化によってインタフェースがオープンになったとしても、基幹部品の結合公差が非常に狭いので相互依存性が残り、設計・製造の分離が起き難い。したがって全技術体系を持つ統合型の企業だけが市場参入できる。一方、1994年ころから開発が始まった DVD では最初からマイコンが使われていたので（デジタル技術が製品設計の深部に介在していたので）、基幹部品相互の結合公差が非常に広い。したがって設計と製造が分離し易く、1997年に出荷されて数年後にオープンなグローバル市場で国際分業構造が出来上がった。完成品を構成する基幹部品の相互インタフェースが暗黙知から形式知へ転換し、同時にその結合公差が広がって初めて設計と製造の分離へ向かうのである。

このような経営環境の到来を見た Foxconn は、1996~1997年から果敢な投資によって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、iPot, デジカメ、液晶テレビ、iPhone の量産組み立てを次々に取り込んだ。図 4 に示すように、このタイミングはいずれも完成品にデジタル技術（マイコンとファームウェア）が深く介在して設計と製造が完全分離し、国際的な水平分業へ転換する時期であった。Foxconn の飛躍は、製品設計にデジタル技術が深く介在し、基幹部品相互の結合公差が飛躍的に拡大するタイミングから始まったのである。

台湾エレクトロニクス産業の GDP の推移を見ると、たとえばマザー・ボードは、1990年から1995年までの5年間で輸出がわずか15~20%しか増えていないが、1995年から2000年までの5年間で5倍（500%）に急増した。これは1995年からパソコンを構成する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、ビジネスモデルの潮流が国際分業型へ完全移行したためである。事実、1980年から長期低迷を続けた台湾のエレクトロニクス産業は、図5に示すように1995~1996年ころから成長軌道に乗り、その後わずか5年でこの分野のGDPが4倍、という驚異的な成長を示した。この伸びは、図3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る。

図5 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用いて筆者が作成

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、ほぼ全てのエレクトロニクス産業領域で国を超えたオープン国際分業構造へ発展する。⁸ 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から同じように成長軌道に乗る。類似の経営環境が少し遅れて中国にも到来する。製品アーキテクチャのモジュラー化、モジュール相互の結合公差の飛躍的な拡大、そして設計と製造の分離を含む比較優位の国際分業が、アジア経済を活性化させていたのである。

⁸ 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。

●アジア諸国が完成させた比較優位の制度設計

半導体はサイエンス型・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。しかも半導体は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、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。製品設計にマイコン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だけで技術導入するだけで良い。全技術体系の蓄積や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。したがって国の優遇政策をここへ集中させれば、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制度設計である。

代表的な事例として半導体のファンドリー（量産専門工場）を挙げることができる。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%にも達する半導体では、もし償却期間が1年であれば、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コストや利益への影響は限定的である。

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く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。

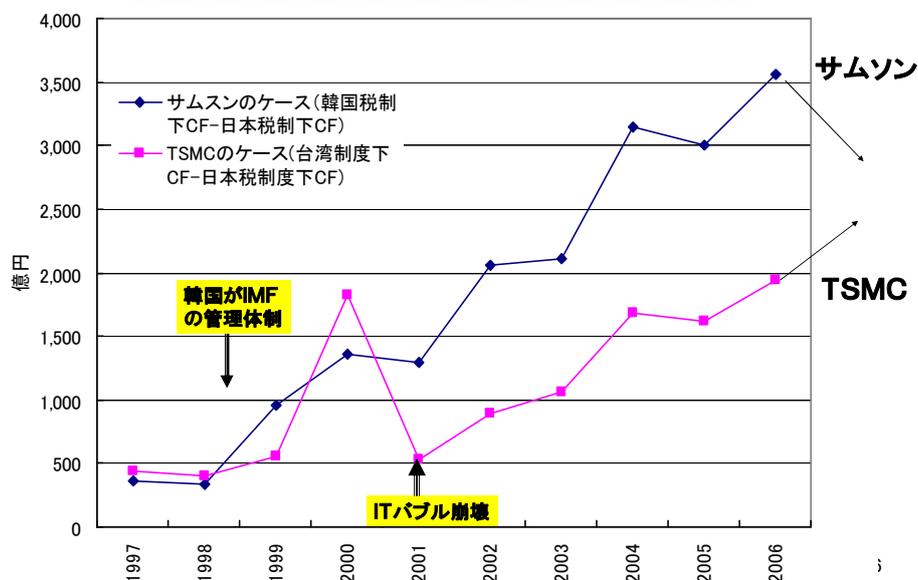
⁹ ここから事業そのものが一気に赤字転落する。1995年から2004年までの10年間で、日

⁹ 日本企業の場合は、設備償却の問題以外に、工場働く人々の雇用維持も大きな課題であった。

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）。

制度設計が半導体ビジネスのキャッシュフローに及ぼす影響を図6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。¹⁰

図6 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



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などの巨大プロジェクトが、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

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。

¹⁰ 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年代のASIC型ビジネスモデルであった。これについては小川(2007)の3章が少し言及している。

ノベーションではなく、比較優位の制度設計を強化するための産業政策イノベーションだったのである。

これが比較優位の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。我々はこのようなアジアの成長を日本の成長と雇用拡大へ結び付ける仕組みを考えなければならぬが、その詳細は別稿に譲りたい。

●欧米諸国の産業構造改革とアジア諸国企業の躍進

1970 年代の後半からアメリカ企業の国際競争力が著しく弱体化した。その背景には、二度にわたる石油危機があり、大量失業、巨額財政赤字、そして経済成長の低迷という三重苦に陥ったのである。日本企業が加速させた怒涛のごとき輸出構成が、三重苦を更に深刻にした。ここからアメリカ政府は、1980 年のレーガン政権発足とともに産業政策をダイナミックに変え、オープン標準化を経営ツールに据えたベンチャー企業が雲霞のごとく生まれて産業構造を一変させた。¹¹

18 世紀後半の産業革命から 1900 年代初期までのヨーロッパでは、フルセット垂直統合型の企業が非常に少なかった。その後の欧州が企業の大規模化を促進する産業政策を強化したのは、欧州企業の規模が非常に小さくアメリカ企業の大量生産がもたらす規模の経済を享受することが出来ていない、と考えたからである。中央研究所、事業部、大規模生産工場といったフルセット垂直統合型の大企業がアメリカ企業並みには育っていなかったため、ヨーロッパにも垂直統合型の大企業を育成しようとする産業政策が 1970 年代までなら確かに行われていた。この背景には、大企業の中央研究所が技術革新の発信源であるとするリニア・イノベーションの考え方、および 1940 年代以降のシュンペータ的イノベーション・システムの考え方が強く影響していた、と考えられる。¹² 更には、チャンドラーやロナルド・コース、オリバー・ウィリアムソンなどが暗黙の前提とした“企業の大規模化が経済合理性持つ”という経済思想を、多くの人が信じていたのではないか。

¹¹ 小川(2009b)の第 5 章。

¹²1934 年にアメリカへ渡ったシュンペータは、大規模企業がイノベーションの担い手であると主張しはじめた。この考え方は 1910 年ころのシュンペータがウィーンで主張していたイノベーション論と全くことなる。少なくとも 1970 年代の終わりころまで 1940 年代のシュンペータ的イノベーション論が欧米で支配的だった。我が国では 1910 年代のシュンペータと 1940 年代のシュンペータが区別されずに議論されることが多い。

戦後のヨーロッパは 1947 年のマーシャル・プランによって蘇り、1970 年代の初期まで 25 年以上にわたって経済成長を続けた。しかしながら 1970 年代の 2 度にわたる石油危機によって大量失業や財政赤字と経済成長の低迷が続く。ここでも日本企業が加速させた怒濤のごとき輸出構成がヨーロッパ経済を更に苦境に陥れた。

既存の社会システムが機能しなくなった事態を受けて登場した社会イノベーション思想が、シュンペーター反革命ともいえるべき“小さな政府”運動である。1979 年のイギリスでサッチャー政権や 1981 年のフランスに登場するミッテラン政権によって現実の政治で具体化されていった。これは、硬直した統合型の独占体制をオープン化や分業化によって切り崩すという、一連の構造改運動だったのである。携帯電話をオープン標準化の環境に晒し、既存の通信事業会社の独占体制を崩壊させる強力な産業政策もここから生まれた。¹³

1980 年代の欧米諸国が産業構造を強制的にオープン型へ転換させたが、この背後でデジタル技術も急速に発展していた。オープン標準化とデジタル技術の重畳が 1990 年代にグローバル産業構造をもオープン分業型へ一気に転換させたのである。この時代潮流の中でビジネスチャンスをつかんだ韓国・台湾などの NIES 諸国が、そして少し遅れて中国やインドなどの BRICs 諸国が、比較優位の産業政策を推進してグローバル市場へ躍進した。

このような産業構造の大転換を背後で支えたのが 1990 年代に見るデジタル技術の急速な発展であった。製品設計の深部にデジタル技術が介在することで生まれるのが、基幹部品のインタフェースの形式知化であり、インタフェースを介した結合公差の飛躍的な拡大である。国際標準化がインタフェースと結合公差をオープン化する。規格の範囲であれば、結合公差があたかも無限大と同じ効用を持つという意味で、公差の拡大とオープン化が重畳することでグローバル国際分業が加速する。一方、製品設計の深部にデジタル技術が介在しない、すなわち技術モジュールの結合公差が拡大しない、あるいは非常に狭い製品のケースでは、たとえ同じエレクトロニクス製品であっても、オープン国際分業の広がりには限定的であった。アジア諸国の企業群がオープンなグローバル市場で飛躍のチャンスをつかんだ最初の産業領域がデジタル・ネットワーク型であって、しかもモジュラー型のアーキテクチャを持つ領域に限定された理由は、以上のように説明できるであろう。

2.2 日本企業に企業制度の変革を迫る国際標準化の経営環境

日本企業の標準化活動の中心は、これまで生産工程の合理化や品質改善、あるいは低コスト安定調達を目的としたクローズド型の企業内標準であった。日本規格協会の窓口が現在でも品質管理部門になっているのは、以上のような理由による。一部に VTR や CD プレイヤーのような国際標準化もあったが、製品アーキテクチャがアナログ的な擦り合わせ型の技術体系だったので基幹部品の結合公差が非常に狭く、技術の全体系を持つ特定の大手企業だけが標準化を主導した。したがって標準化の形態は、自社技術を活用するデファクト標準であった。しかしながら製品設計の深部にソフトウェア（マイコン）が深く介在す

¹³ 小川、立本(2009)参照。

るデジタル型の製品になると、完成品を構成する基幹部品の結合公差が飛躍的に拡大して産業構造が一変する。

●国際標準化が創る比較優位の国際分業

21世紀の国際標準化は、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グローバル市場に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コストが激減し、市場利用コストの非常に低い経営環境が生まれる。¹⁴ 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もここから興隆した。

市場利用コストが低くなると例外無く比較優位の国際分業が加速する。¹⁵ 確かに大量普及の初期のステージでは国際分業が顕在化せず、垂直統合型の組織能力を生かしてプロダクト・イノベーションを主導し、そして国際標準化を主導する日本企業が圧倒的な競争力を持つ。しかしながらグローバル市場で大量普及するステージになると、個別の基幹部品の結合公差が拡大して単純組み合わせ型へ転換するので、それぞれのモジュールがスペクトル分散したサプライチェーンがオープン環境に出現する。そしてサプライチェーンの中で自社あるいは自国の得意技が生かせる特定セグメントを選んで特化するオープン型の国際分業が必然的に生まれる。¹⁶

その代表的な事例が1980年代のパソコンやインターネットであり、1990年代のCD-ROMや携帯電話であり、そして21世紀のDVDや液晶テレビであった。しかしながら日本企業は、例え技術開発を主導し、そして国際標準化を主導しても、例外なく市場撤退への道を歩んだ。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、デジタル技術（マイコンとソフトウェア）が介在する1980年代の中期から国際分業が始まり、日本企業が完成品市場から撤退への道を歩んでいたのである。¹⁷ VTRの設計にデジタル技術を積極的に活用したのは1980年代の初期であり、機能・性能・品質の向上とコスト低減が目的であった。しかしながらここから完成品として

¹⁴ 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、調達のための契約や知財のコスト、情報の非対称によって生じるコストも含まれるが、ここでは一括して市場利用コストと定義した。詳細は別稿に譲る。

¹⁵ 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。

¹⁶ 同じ部品を作り続けると部品の機能・性能や寸法などの製造バラツキが非常に小さくなり、実質的に結合公差が拡大したと同じ効果が生まれる。しかし本稿で取り上げるデジタル型の製品なら本質的に公差が大きいので、量産を開始してから非常に短い期間でオープン国際分業がグローバル市場に生まれる。

¹⁷ 例えば、小川（2009b）の第1章、図1.14

の VTR 装置で製品アーキテクチャが単純組合せ型（モジュラー型）へ転換して韓国企業が市場参入し、わずか5年で欧米市場を席卷した。¹⁸ **基幹部品としての技術モジュールを提供したのは、いずれも日本企業であった。**国際標準化にデジタル技術の作用が重畳すると基幹部品の結合公差が飛躍的に拡大するが（モジュラー型へ転換するが）、ここから完成品の産業構造が国際分業型へ移行するのは、超精密機構部品で構成された VTR でも同じだったのである。

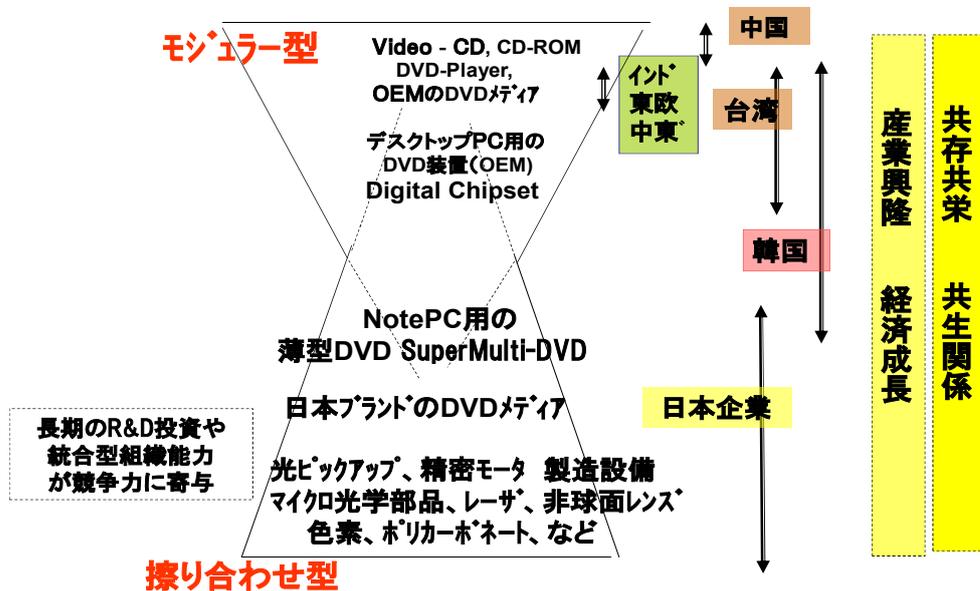
このような状況を更に詳しく分析すると、実は日本企業が競争力を失うのは、技術モジュールの結合インタフェースが暗黙知から形式知へ転換され、技術モジュール相互の結合公差が非常に広がったケースであり、その上でさらにインタフェースと結合公差が国際標準化によってオープン化した完成品だけであった。その代表的な事例として、2006年の時点の CD-ROM, CD-R/RW および DVD 産業を例にとり、分業化されたグローバル・サプライチェーンのなかで、それぞれの国がどのようなセグメントを担っているかを図7で模式的に示した。

図7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スを主導するのは、いずれも NIES/BRICs 諸国であった。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。¹⁹ しかしながら基幹部品の結合公差が狭い領域を多く残す記録型の 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。

¹⁸ 日本の船井電機も同じタイミングで市場できるようになった。

¹⁹ 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。

図7 オープン国際標準化が創り出す比較優位の国際分業



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伝播が起きない。技術ノウハウがブラック・ボックスとして封じ込められるので、図7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巻している。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を含む全てのコストが非常に高い。いわゆる広い意味での市場利用コスト/取引コストが非常に高く、制度設計やオーバーヘッドで吸収できないので先進国企業に対するコスト優位を構築できない。

日本企業から見た国際標準化とは、基幹部品や材料の結合インタフェースがオープン化されて市場利用コストがゼロに近い経営環境となって大量普及する市場の到来であり、付加価値が完成品から基幹部品へシフトする経営環境の到来を意味するのである。デジタル技術とオープン標準化の重畳によって付加価値が基幹部品に集中するという経営環境の到来は、1990年代のパソコン産業でも全く同じであった。そしてこの傾向は、先に紹介したVTR産業も例外でなかったのである。²⁰

²⁰ 韓国企業がVTR製造で使った擦り合わせ型の基幹部品は日本から輸出されたものであり、製品アーキテクチャがモジュール型へ転換するタイミングで比較優位の国際分業がVTR産業でも生まれていた(小川、2009bの図1.14)。ただしサムソンやLG電子は、21世紀以降になって擦り合わせ型の要素技術も自らの手で開発できるようになっている。たとえば次世代DVDと位置付けられるBlu-rayの必須特許で、サ

一方、これを韓国、台湾、中国の企業から見れば、自国の比較優位を活用した新たなビジネス・チャンスが国際標準化によってもたらされたことを意味する。韓国、台湾、中国の企業が、いずれも日本の幹部品と基幹材料を調達して初めて完成品市場へ参入するようになったという意味で、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のである。²¹ 国際標準化が基幹部品の結合公差を拡大してオープン化し、先進工業国と NIES/BRICs 諸国との経済的な共存共栄関係を強化した、と言い換えてもよい。

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、市場利用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。この姿もまた、1980 年代後半の VTR や 1990 年代後半のパソコン産業で見た先進国と NIES/BRICs 諸国との国際分業と全く同じであった（小川、2009a）。その背後で共通するのが、人工物（本稿では完成品）を構成する技術モジュール相互の結合インタフェースが形式知化されることであり、インタフェースの結合公差の飛躍的な拡大であり、そしてこれらのオープン化だったのである。

●国際標準化が創る産業構造の転換、フルセット垂直統合型の経済合理性が崩壊

国際標準化が創る産業構造の転換を図 8 に要約した。国際標準化が持つ基本的な作用とは、これまで言われたようなインタフェースをオープン化することだけでは決してなく、基幹部品相互の結合公差がオープン化される点に大きな意味を持っていたのである。完全デジタル・インタフェースであれば、その規約の範囲でなら結合公差が無限大であり、²² このようなケースでは完成品を構成する基幹部品の相互依存性が非常に小さい。

したがって、もしインタフェースの利用にロイヤリティーが設定されずに自由に使えるのであれば市場利用コストが激減して市場参入障壁が消滅する。ここから技術蓄積に少ないキャッチアップ型工業国の企業でも最先端の製品市場へ参入可能になり、オープン環境で設計と製造の完全分離が起き易くなる。

類似の経営環境は、パソコンや DVD、携帯電話だけでなく、デジタル技術が設計に深く介在した製品が国際標準化されれば例外なく生まれる。国際標準化が、図 8 の左側の経営

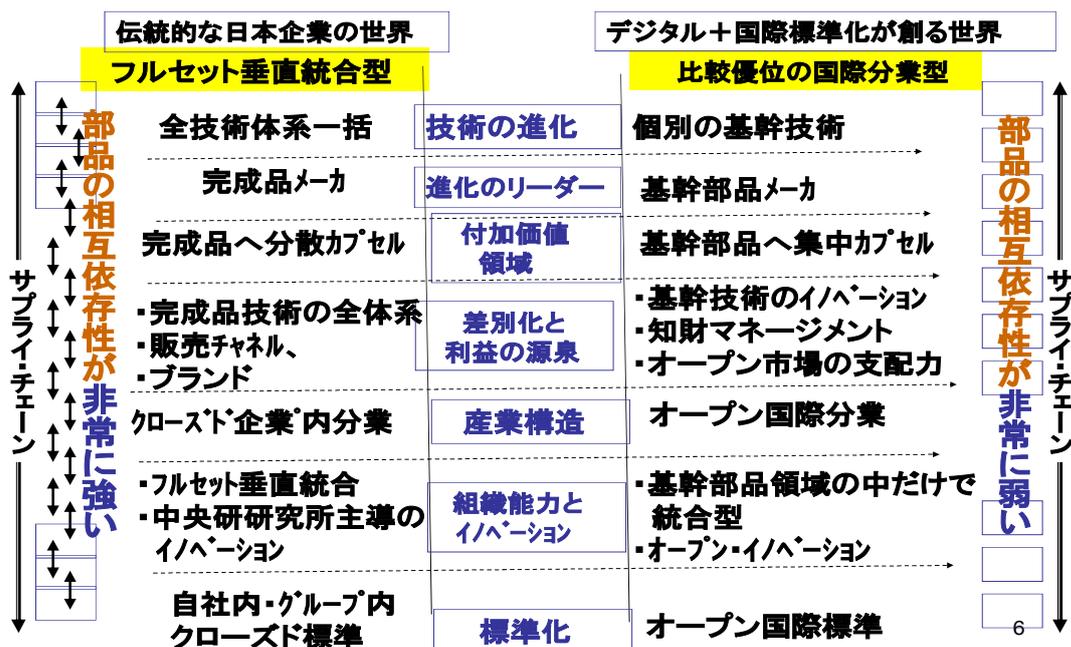
ムソンと LD 電子が約 50%を占め、また 2009 年 10 月に開催された光メモリー国際シンポジウムでも、ポスト Blu-ray に向けた次世代光ディスクで多くの論文がサムソンや LG から発表されていた。これが韓国企業であり、台湾企業と大きな違いを見ることができるが、その詳細は別稿に譲りたい。

²¹ 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。

²² 完全デジタル型の場合は、インタフェース規約そのものがアナログ型製品における結合公差と同じ役割を担う。

環境から右側へのシフトを加速させる役割を担うことが理解されるであろう。ここから巨大な国際分業が生まれて比較優位の国際貿易が進展し、先進国から開発途上国に至る巨大市場が創りだされるものの、同時に伝統的な垂直統合型の経済合理性が崩壊して日本企業が市場撤退への道を歩む。

図8 デジタル化と国際標準化が創る21世紀の経営環境



一方、アナログ型の技術体系で構成された製品では結合公差が非常に狭い。たとえ国際標準化されても基幹部品の伝播が起り難く、オープン分業構造が生まれるまでかなり時間を必要とする。例え伝播しても、ここから完成品を量産するまでには多種多様な技術蓄積が必要なので、いわゆる本稿が定義する意味での市場利用コスト/取引コストが非常に高いままに留まっているという意味でアジア諸国が市場参入できず、図8の右側の経営環境に移行する時間が非常に長い。もし国際標準化が製品内部に介在しないのであればインタフェースや結合公差がオープン化されないという意味で、図8の左側の経営環境が21世紀の現在でも変わることはない。したがって垂直統合型の経済合理性が保たれ、現在でも日本企業がグローバル市場の競争力を維持できている。

2.3 取引コストが激減する経営環境の到来と企業制度の変貌

●製品開発・設計と技術の結合公差

製品の開発・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て互いの結合インタフェースを形式知化し、技術モジュール相互の結合公差を広げ、そして部品や個々の製造工程の単純組み合わせだけで完成品を量産できるようにする、一連の擦り

合わせ行為である。技術モジュール相互の公差を可能な限り広くするための製品化技術の開発に続いて（あるいは平行して）、量産工程のそれぞれが守るべき製造公差を量産レベルで確保するための生産技術と組立冶工具、およびこれにリンクした作業手順書が開発される。このような量産プロセスを設計するのにもまた、一連の擦り合わせ行為なのは言うまでもない。²³

このような一連の擦り合わせ行為によって初めて、たとえ複雑な製造工程を持つプロセス型の製品であっても、決められた公差さえ守れば他の部品や他の工程のことを全く考える必要がなくなる。工程を正しく機能させる擦り合わせノウハウが技術モジュールの結合公差や生産設備・作業手順書として表現されれば、複雑な製造工程が許容公差の範囲で組み合わせ型へ転換される。したがって分業化が可能になる。製品アーキテクチャのモジュラー化、あるいは製造工程の分業化に向けた一連の行為が開発であり設計でありそして量産製造設計である、と言い換えてもよい。これを企業内部のコーディネーション・コストという視点で見れば、分業化に至る擦り合わせ開発・設計のプロセスでコストが発生するものの、これによって実現される分業化が量産製造時の内部コストを大幅に低減する。²⁴

例えば図2の左側に位置取りされるアナログ的な製品では公差を広く取れないので、狭い許容公差の範囲で分業・量産しなければならない。したがって公差をできるだけ広くするためには設計部門と量産工場間に生産技術部門が必須であり、その上でさらに量産工程のそれぞれで熟練の作業員が必要となる。熟練の作業員なら、例えば部品制度のバラツキによって製造工程相互の許容公差が狭くなっても、初期の品質を持った製品を組立られるからである。

一般に量産プロセスの工程公差は社内規格であり、製造ライン設計・製造装置・冶工具・検査装置と強い相互依存性を持つノウハウとして、作業手順書に纏められる。当然のことながら、これらは決して外部に出ることはない。

技術モジュールの結合公差が非常に狭いアナログ的・擦り合わせ型の完成品では、例えオープン標準化されてもその製造に擦り合わせ型の生産技術と熟練の作業員が必須であるという意味で、設計部門と製造部門が同じ企業にいて情報共有のできる統合型の企業だけが、歩留まり良く量産できる。したがって例え国際標準化されるケースであっても、図8の左側に示す企業形態が経済合理性を持つ。このケースで日本企業が圧倒的に強かった

²³ もし公差が非常に狭いケース、たとえばプロセス型の材料や機械技術・アナログ型技術が深く介在する製品では、生産技術部門の存在が設計部門と同等以上に重要な役割を担い、製造ラインの分業化を具体化する上で非常に大きな役割を担う。一方、完全デジタル型では、インタフェース規約の範囲内なら結合公差が無限大に見え、規約から外れると公差がゼロになる。互いの技術モジュールを論理的な整合性を持って結合させるためのインタフェース規約とその設計ノウハウなどが、アナログ型製品のケースでいう結合公差に相当するであろう。アナログ型とデジタル型を同じ枠組みで論じたいので、既存の公差と異なる定義を取って取り入れた。厳密な統一枠組みは別稿で論じたい

²⁴ なおオープン標準化機関による国際標準化とは、擦り合わせ設計コストを参加企業全員によって分担する設計行為となる。ただし設計情報の全てを標準化機関で設計するのは時間がかかり過ぎるので、細部を決めず土俵だけを決める枠組み標準が合理的な場合が多い。

のである。²⁵ デジタル技術が設計に介在する以前のVTRがその代表的な事例であった。

これを企業内部の開発・設計や製造工程開発などを含む擦り合わせ協業コストという視点で見れば、重層な技術陣を内部に抱える必要がある。したがって、アナログ型の製品では内部コストの大幅低減が困難になり、完成品のコストはデジタル型製品に比べて遥かに高くなる。その象徴的な事例がVTRとDVDプレイヤーの価格差であった。デジタル技術が製品設計の深部に介在するDVDや3次元テレビで日本企業が国際標準化を全て主導しても、実ビジネスで全く勝てなくなっているのは、1970年代のVTRと同じアナログ型製品の考えで標準化に臨んでいるためである。

●結合公差のオープン化と取引コスト、企業制度の変貌

コースは1937年に取引コスト(Transaction Cost)という考え方を導入し(コース、1992)、このコストを内部化する仕組みとして企業が存在すると考えた。また1970年代のウィリアムソンがこれを多様な企業間/企業内取引形態の説明へと拡張した(ウィリアムソン、1980)。取引コストは市場を利用することで発生するコスト(費用)と定義される。一義的には取引に伴う交渉や契約の費用であり、知的財産関連の費用もここに含まれる。取引を進める上での情報量の多寡によって発生する費用、また意図的に歪曲されている情報や意図的に開示されていない情報を知るための費用もここに含まれる。したがって情報収集に優れ、意図的な隠匿が発生し難い大規模企業ほど取引コストが低いという意味で、大規模企業であればあるほど経済合理性を持つと言われてきた。ウィリアムソンの研究の背後には、フルセット垂直統合型の企業制度を追求して取引コストを全て内部化する、という1970年代までのアメリカ企業の姿があったのである。

1960年代から1970年代のチャンドラーは、資源配分の多くの部分が企業経営者という“見える手”によって行われていると主張した。²⁶ それ以前は、企業の外に存在する市場で機能する“見えざる神の手”だけが資源配分を担う、という前提で経済学者の議論が展開されていたのである。またシュンペータも、大規模企業がイノベーションの担い手になる、と1930年代から主張しはじめた。²⁷

このように、取引コストをできるだけ多く内部化する企業制度としてのフルセット垂直統合化と事業部制による大規模企業統治の経済合理性が、チャンドラーやウィリアムソンなどの登場によって理論的に基礎付けられた。またイノベーションの担い手が大規模企業の一群の専門家である、とシュンペータによって基礎付けられた経済思想の中で、企業がますます巨大化するようになる。戦後の日本企業がフルセット垂直統合型を追求する姿も、技術の全体系を内部に持って付加価値を取り込むという経済合理性を持っていたのである。

²⁵ ただし生産技術が全て刷り込まれた製造装置が一体となって流通すれば、本稿の21.節に示すように、税制などを含む比較優位の制度設計を産業政策に取り込んだ国がグローバル市場で競争優位を持つ。

²⁶ 例えばチャンドラー、A.D (1986)、(1979)、(2004)。

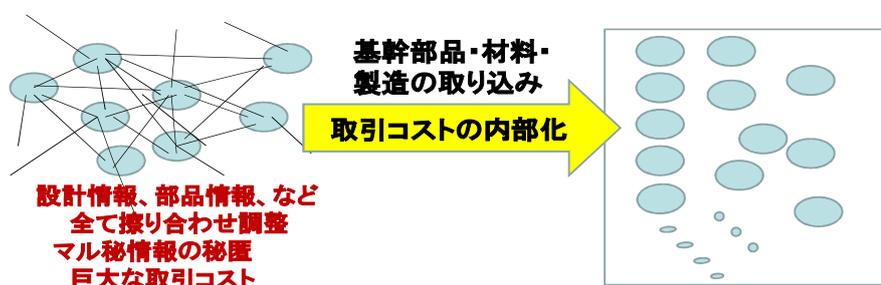
²⁷ 例えば根井(2007)の2章、pp. 78-82、および西村(2004)の7章、pp. 85-88。

1970年代までの大部分のアメリカ企業と現在の多くの日本企業では、図8の左側でクロード垂直統合型に位置取りされる経営環境が暗黙の前提となっていた、と言い換えてもよい。

以上を取引コストという視点から図9で模式的に要約するが、フルセット垂直統合型の企業制度は、製品アーキテクチャが擦り合わせ型であって技術が伝播し難く、したがって同じ産業の中で比較優位の国際分業が起きない産業領域なら、21世紀の現在でも図9に示す経済合理性が維持されている。

図9 コースとウイリアムソンの取引コスト論から見た企業制度

大規模企業によるフルセット垂直統合型の経済合理性



製品アーキテクチャが擦り合わせ型の経営環境で成立する

- ・フルセット垂直統合型が経済合理性の象徴
- ・巨大組織を効率良く経営する仕組みとしての事業部制:
⇒神の見える手としての組織が経済活動の調整機能(チャンドラー)
- ・大規模組織だけがイノベーションの担い手 (シュンペータⅡ) 7

コースは、取引を企業の中で行う方が、外部市場を利用する為のコストより小さいので企業が存在する、と考えた。しかしながらコースやウイリアムソンはもとより、その後に発展する組織の経済の理論体系にも、²⁸ 市場を利用する為の取引コストや企業内/企業間のコーディネーション・コストの中に、製品という人工物の設計や製造で必ず発生する“企業内の擦り合わせ設計コスト”および“製品コンセプト/設計図面を介した企業間の擦り合わせ協業による開発コスト”、さらには“製品を量産するための設備開発や工場の生産工程開発のコスト”が取り込まれていない。したがってこれらの一つ一つが、オープン国際標準化が加速する比較優位の国際分業によって劇的に小さくなるという事実も、これまで論じられた理論に取り込まれていない。

しかしながら製造業に見る企業の内部コストを分析すれば、研究開発コスト、製品設計コストそして製造設備や工程開発のためのコストが、トータル・ビジネスコストの中で極めて大きな割合を占めるのがビジネス現場の実態である。もしこれらのコストが大幅に

²⁸ 例えばミルグロム+ロバーツ (1997) の中の取引費用やコーディネーション費用に関する記述。

小さくなるのなら、競争ルールが一変する。そしてこれに対応した企業制度の在り方まで変わると考えるのが自然ではないか。

図8に示す産業構造の転換は、1970年代末から1980年代のアメリカのコンピュータやネットワーク型産業の一部で顕在化し、日本では1990年代後半から2000年代初期のコンピュータ周辺機やデジタル家電から顕在化した。しかし21世紀の現在では、この転換が多くの産業領域へ拡大しようとしている。

日本のGDPの60%を担うのが製造業であり、またアジアの途上国を経済成長の軌道に乗せたのは、2章、2.1の図3、図4、図5で明らかのように、図8の右側へ転換したデジタル型の製品であった。製造業を支えるのが人工物の設計と製造であるという意味で、これに関わる上記の擦り合わせコストを市場利用のための取引コストへ取り込めないで国際競争力や企業制度の在り方を論じても、実ビジネスの実態に近づくことはできない。さらには、比較優位の国際分業がもたらす途上国の経済成長と先進工業国の成長を取り込んだ議論を展開することも困難ではないか。

これまで何度も繰り返したように、マイコンとこれを動かすソフトウェア、すなわちデジタル技術は、人工物としてのシステムや完成品を構成する技術モジュールのインタフェースを形式知へ転換させる上で重要な役割を担う。更にモジュール相互の結合公差を飛躍的に広げる作用を持つ。一方、国際標準化とは、技術モジュールの外部インタフェースとその結合公差を全てグローバル市場へオープン化することである。デジタル技術が製品設計の深部に広く介在する製品が国際標準化されれば、そしてこれがデジタル型の製品であれば技術モジュールの結合公差が非常に広いという意味で、設計コストはもとより、企業間の協業コストや量産工程の設計コスト、製造設備や製造工程の開発コストが、全て劇的に小さくなる。

これが図10で模式的に示すデジタル型製品の産業構造である。たとえ内部に技術蓄積の無いNIES/BRICs諸国の企業であっても市場参入が可能になった背景がここにあったのである。たとえば、基幹部品、そしてTurn-Key-Solution型の量産設備が大量に流通することによって、熟練の工員を全く必要とせず誰でも完成品のビジネスに参加することができる。また市場規模が図2の右側のように10~30倍も広がるのであれば、水平分業化の方が規模の経済の恩恵を遥かに大きく享受する。しかも国際標準化の時代を象徴するパテント・プールやクロスライセンスが特許の持つ力を非常に弱める知財環境を生み出す。²⁹ この意味でも国際標準化は、市場利用コストの非常に小さい規模の経済をグローバル市場に創り出す。

これまでの研究によれば、キャッチアップ型の企業なら必ず内部コストが低い。³⁰ 一方、中央研究所から販売に至る全ての機能を内部に持つフルセット垂直統合型（自前主義）の先進国企業（図8の左側：クローズド垂直統合型）では、内部コストが非常に高い。内

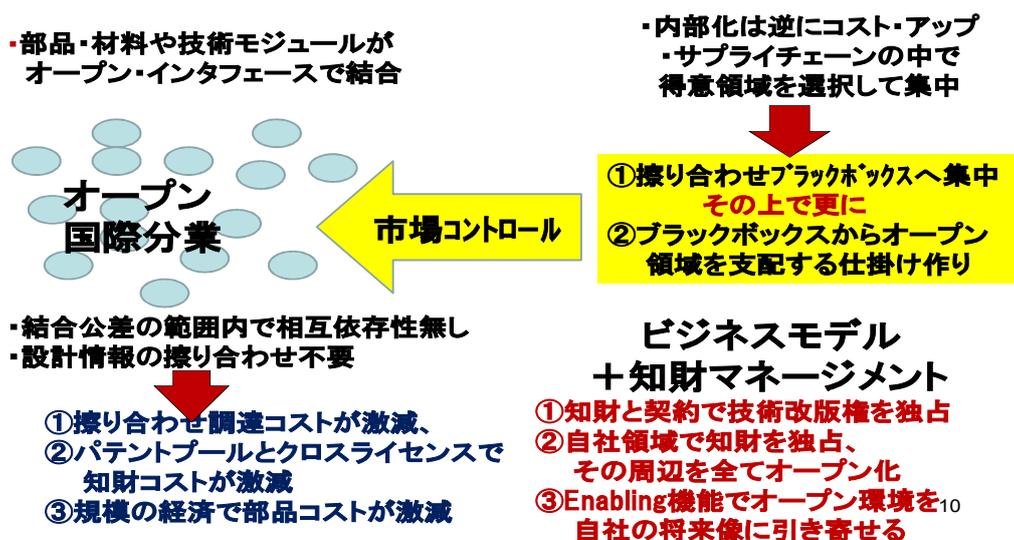
²⁹ 小川(2010)

³⁰ 例えばハンナ.R(2001)の第4章、pp.100-105

部調整コストとしてのオーバーヘッドが非常に大きいので高コスト構造から逃れられないという意味で、オープン国際標準化が作る経営環境にフルセット垂直統合型の企業制度で対応すれば、規模の経済が社内だけに留まるのでコストが相対的に高くなって価格競争に勝てない。ここから図8の左側に示す企業形態が経済合理性を失うのである。

図10 取引コスト論を拡張した21世紀の企業制度

オープン国際分業の経済合理性



したがってオープン市場に分散するサプライチェーンの中で、得意技が生きる特定セグメントを選んで特化し、ここを徹底したブラックボックス化して守るか（これが3章の標準化第一モデル）、あるいは図10の右側で示すように、ブラックボックス型の特定セグメントからオープン環境を支配する仕掛け（3章の標準化第二モデル）を作ることなくして、グローバル市場の勝ちパターンを構築することが困難になる。

圧倒的な技術力を持って国際標準化を主導しても大量普及のステージになると日本企業が勝てないのは、図8の左側や図9の企業制度と組織能力のままで図8の右側や図10に示す経営環境に遭遇したためである。³¹ 図9の企業制度が経済合理性を失うという事実を、日本企業の視点で理解するのが困難だったからではないか。あるいは例え理解できても、日本企業の組織能力が伝統的な図9の考え方にトラップされているので、図10の市場に対応できなくなっているからではないか。

³¹ 実ビジネスでは、これ以外に品質というパラメータを取り込まなければならない。公差が非常に大きければ品質管理が容易なのは確かだが、品質管理が不要になるわけではない。さらにまた取引コスト以外に企業のオーバー・ヘッドが価格競争力に極めて大きな影響を与える。しかしこれらを考慮しても本稿の基本メッセージが変わることは無い。その詳細は小川(2009b)の第12章と13章を参照のこと。

●企業制度の変貌

これまで、製品設計にデジタル技術（マイコンとソフトウェア）が深く介在することで製品アーキテクチャがモジュラー型へ転換する事実が、数多く観察された（小川、2008a）。その深部に潜んでいたのが技術モジュール相互の結合公差の飛躍的な拡大だったのであり、国際標準化は形式知化されたインタフェース情報と結合公差（完全デジタル型であれば論理規約など）を、グローバル市場へオープン化することだったのである。デジタル技術がもたらす製品アーキテクチャの大転換、および国際標準化がインタフェースと結合公差をオープン化する帰結として生まれる比較優位の国際分業によって、20世紀の初頭から先進工業が追及し続けた図9の企業制度/企業組織のあり方が図10の形態に変貌した。

我々は、国際標準化が創る図8の右側と図10に示す経営環境の到来が、他の多くの産業領域へ急拡大している事実を冷静に受け入れなければならない。ここで日本企業が新たな勝ちパターンを構築するには、まず第一にオープン市場に分散するサプライチェーンの中から自社の得意技が生きる特定セグメントを選んで特化し、ここを徹底的に擦り合わせブラック・ボックス化して守り（3章の第一モデル）、同時に図10の右側に示す特定セグメントからオープン環境を支配する仕掛け（3章の第二モデル）を、自らの手で生みださなければならない。これらの仕掛け作りが第3章で紹介する標準化ビジネスモデルであり、そして小川(2009b)の第3部で詳述した標準化知財マネジメントである。

国際標準化は、比較優位の国際分業を瞬時に生み出す。フルセット垂直統合型の企業が営々と続ける研究開発投資は、確かに多数の特許を生み、そして国際標準の中に擦り込むことができる。しかしこれが僅か数%のコスト削減効果でしかないのなら、³² 国際標準化が生み出す経営環境で日本企業が競争力を維持するのは困難である。いわゆる古典的なリニア・モデルや中央研究所方式、フルセット垂直統合型経営などのキーワードで表現される経営の経済合理性が崩壊し、日本企業の国際競争力を弱体化させてしまう。日本企業の組織能力/企業制度と国際標準化が作り出す経営環境との間に巨大な乖離が生まれる背景がここにあった。

圧倒的な技術力を持って国際標準化を主導しても、大量普及のステージになると日本企業が勝てないのは、以上のような分析枠組みによって説明できる。事実、フルセット垂直統合型の組織能力を持った1970年代のアメリカ企業にとっても、オープン標準化とは当に危険思想だったのである。我々は知的財産と国際標準化を論じるとき、1980年代から1990年代の欧米諸国が産業構造を強制的に転換させた歴史的な経緯、およびこれが企業制度の在り方に及ぼした影響を分析することなくして、21世紀のビジネスの現場で直面する日本企業の基本問題に近づくことはできない。

1980年代に欧米諸国が強制した産業構造転換とこれに続くデジタル技術の製品設計への介在、そしてオープン国際標準化、すなわちインタフェースの形式知化や結合公差の拡大およびそのオープン化が、市場利用コスト・ゼロに近い経営環境をこの世に生み出した。

³² 小川(2009b)の第12章および小川(2010)

国際標準化がチャンドラー的企業制度や1940年代のシュンペータ的イノベーション論を崩壊させた、と言い換えてもよい。³³ 少なくとも国際標準化が生み出す21世紀の経営環境を、ごく最近までの企業制度論で説明するにはかなりの拡大解釈を必要とする。³⁴

たとえば1995年に出版されたリチャード・ワングロワとポール・ロバートソンによる企業制度の理論が日本語に訳された2004年の日本語版序文でも、³⁵ “1995年当時の枠組みで2004年まで実務の世界で生じた事象を説明できる”と強調している。しかしこの主張に無理があると思うのは筆者だけではないであろう。彼らを取り上げたのは、製品アーキテクチャが擦り合わせ型であって結合公差が非常に狭く、したがって例えオープン標準化されても技術体系が大規模企業に留まって伝播し難い1980年代以前の企業制度であった。この意味で国際標準化が生み出すグローバル市場の新たな競争ルールは、1970~1980年代の企業制度に軸足を置いたマイケル・ポーターの競争理論さえも、大幅な修正を迫るのではない。

デジタル技術と国際標準化の重畳は、製造業が内包する取引コストとして本稿が定義するコストの全てを劇的に低下させ、比較優位の国際分業が加速した。20世紀の初頭から先進工業が追及し続けた企業制度のあり方が劇的に変わった。この意味で、日本企業は経営環境の歴史的な転換期に立ったのであり、国際標準化が生み出す巨大市場で大量普及と高収益の同時実現を目指すためには、日本企業がその得意技を生かす標準化ビジネスモデルを新たに考え出さなければならない。

3. 標準化ビジネスモデル

3.1 ビジネスモデルを支える経営要素

国際標準化が取引コスト（市場利用コスト）の非常に小さい経営環境を作り出し、同時に付加価値が完成品ではなくサプライチェーンの擦り合わせブラック・ボックス型セグメントへシフトする。したがって、まずは自社の得意技が生きるセグメントを選んで集中し、ここだけで取引コストを内部化する。その上で更にブラック・ボックス化を徹底させる戦略へと転換しなければならない。しかし単に自社のセグメントを守り抜くだけでは十分でない。図10の右下に示すように、取引コストを内部化したブラック・ボックス領域からオープン領域の他のセグメントを支配する仕掛け作りとしての、新たなビジネスモデルが必要となったのである。これによって初めてオープン環境を完全支配できるようになるからであり、以下の経営要素を組み合わせることによって構成される：

³³ 1930~1940年代のシュンペータであり1910年代のシュンペータではない。

³⁴ 韓国のサムソンが製品アーキテクチャのモジュラー化と国際標準化の重畳が作る比較優位の国際分業構造をを最大限に活用しながらグローバル市場で躍進したが、2000年代の後半からフルセット垂直統合型へ回帰しはじめた。このようなサムソンと日本企業との比較については、本稿で論じる視点を更に拡張しながら別稿で論じたい。

³⁵ リチャード・ワングロワ、ポール・ロバートソン(2004)。

1. 国際標準化は、技術伝播スピード/着床スピードが極端に異なる2つの製品アーキテクチャをグローバル市場に共存させる。伝播/着床スピードが速いオープンなモジュラー型が低コスト・大量普及を担う。モジュラー型は基幹部品の結合公差が広くて参入障壁が非常に低いためであり、あるいは本稿で定義する取引コストが非常に低くなるためである。一方、スピードの遅いブラック・ボックス的な擦り合わせ型は利益の源泉を担う。擦り合わせ型なら多くの暗黙知が混在したままだからであり、そしてまた、たとえ形式知化された領域があっても結合公差が非常に狭いからである。このような状況では取引コストが非常に高くして参入できない。
2. グローバル市場に生まれるオープン型のサプライチェーンの特定セグメントを選び、自社の付加価値を集中カプセルさせた Turn-Key-Solution 型のブラック・ボックス領域を構築してその外部インターフェースだけをオープン標準化すれば、モジュラー型を担う企業によって付加価値がグローバル市場へ瞬時に運ばれる。
3. ブラック・ボックス領域と同等以上にオープン標準化する領域にも多くの知的財産を刷り込ませはするもの、その利用コストをゼロにして誰にも自由に使用させる経営環境を提供すれば、多くのパートナー企業を自社（自国）が主導する国際標準の土俵へ引き込むことができる。
4. 誰にも自由に使用させる領域の知財権を決して放棄することなく、知財権とテクノロジー・イノベーションによって技術進化の方向（技術の改版權）を独占すれば、国際標準によって興隆する巨大なグローバル市場で圧倒的な影響力を維持・拡大できる。

上記の1.～4.を念頭に国際標準化を主導するのなら、サプライチェーンの中で、完全にオープン化して取引コストをゼロにしながら大量普及を担うセグメント（標準化する領域）、自社の知財を刷り込ませて技術進化を独占しながらブラック・ボックス化を徹底するセグメント（標準化させない領域）を、共にビジネスモデルとして事前設計することが可能になる。しかしながら、もし上記を事前設計することの無い牧歌的な国際標準活動であるなら、全ての付加価値を瞬時に失う。当然のことながら後追いで国際標準化に参加する企業がビジネスモデルを事前設計することは不可能であり、自社の得意技が生きるセグメントを独占することができず、価格競争と技術開発競争の同時進行という体力勝負のビジネスに追い込まれる。たとえ独占できたとしても売り上げ規模の非常に小さな技術領域に制限される。

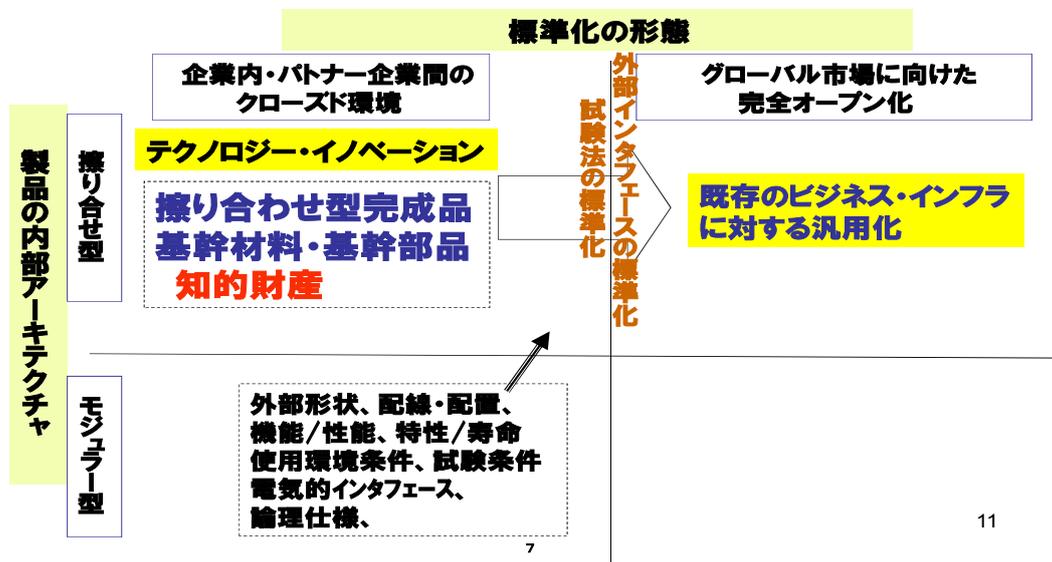
基幹技術モジュールのインターフェースに暗黙知を多く含み、そして結合公差が非常に狭い擦り合わせ型技術体系の製品なら、たとえ欧米企業が主導する標準化に追従しても、日本企業のビジネスモデルが本質的に変わることはない。しかしながらデジタル技術が製品設計の深部へ介在して結合公差は拡大するケースでは、市場利用コストが激減して全く異なる経営環境が到来するのである。

3.2 標準化ビジネスモデルの体系

●標準化第一ビジネスモデル

製品アーキテクチャと標準化の形態をパラメータにしながら表現した標準化第一モデルを図 11 に示す。図 11 の上下は製品アーキテクチャが擦り合わせ型かモジュラー型かで区分けした。一方、図 11 の左右を、自社とパートナー企業以外に公開しないクローズド標準か、あるいは外部に公開するオープン標準かで区分けした。図 11 の左上に位置取りされる擦り合わせ型クローズド規格の領域が、いわゆるブラック・ボックス領域となる。

図11 標準化第一ビジネスモデル
伝統的な部品・材料の標準化ビジネスモデル



11

第一モデルが持つ最大の特徴は、ブラック・ボックス領域の外部インターフェースとしての機能/性能、特性/寿命、使用環境条件、試験条件、物理的形状/配線、電気的仕様/論理仕様を全て事前に形式知化し、完全オープン化する点にある。図 11 の右上に位置取りされる製品とのインターフェースだけでなく、使用条件などに代表される結合公差も全てオープン化されている。当然のことながらブラック・ボックス領域の内部（図 11 の左上）は決して標準化（オープン化）しない。この意味で標準化第一モデルとは、技術イノベーションをブラック・ボックス領域だけに集中させ、イノベーションの成果をオープン・インターフェースを介して大量普及させる仕掛け作り、と定義できる。オープン・インターフェースとその公差の完全オープン化によって市場利用コスト（図 11 の右上に位置取りされる製品の擦り合わせ設計コストや部品調達コスト、組立量産工程の設計コストも含む）が激減する

のである。単に企業内の擦り合わせコストだけでなく、企業間で協業するためのコストも激減する。³⁶

日本企業が擦り合わせ型に比較優位を持ち、分業ではなく垂直統合型の組織能力を持っているためか、多くのケースで標準化第一モデルを活用しながら成功してきた。トータル・サプライチェーンで、少なくともブラック・ボックス領域となる図 11 の左上では、垂直統合型が徹底して追求されてきたのである。³⁷ この領域だけで擦り合わせコストを含む取引コストが全て内部化されている。

その代表的な事例として乾電池、セラミック・コンデンサーやコネクタなどの電子部品や希土類コバルト系などのハード磁性材料、あるいは珪素鋼板やパーマロイなどのソフト磁性材料、300mm シリコンウエハーや鉄鋼材料³⁸、鉛フリー・ハンダ、エアコンや冷蔵庫で使う冷媒などがあり、非常に多くの領域で無意識に標準化第一モデルを適用していた。第一モデルの標準化の勝ちパターンは、デジュール、デファクト、あるいはフォーラムなど、標準化の形態に依存しない。

第一モデルは、部品・材料以外でも成功パターンとして定着している。たとえば超高压送電システムの国際標準を 110 万ボルトにし、このオープン化された共通の土俵の上で 110 万ボルトを支える技術モジュールをブラック・ボックス化することによって、日本の得意技が生きる擦り合わせ型の技術体系をグローバル市場へスムーズに普及させることが可能になる。大量普及と高収益の同時実現が可能となると言い換えてもよい。標準化された電圧の公差や試験法が全てオープン化されているのはいうまでもない。

その他、ヨーロッパ携帯電話システムを構成するサプライチェーンの中の基地局と基地局制御システムが、あるいはデジタルカメラの本体もまた、標準化第一モデルによって競争力が維持拡大された代表的な事例である。³⁹ いずれの場合でも、利益の源泉と市場支配力の原点が図 11 左上の擦り合わせ型・クローズド領域に宿っていた。

以上のように図 11 の第一モデルに示す外部インタフェースの標準化や試験法の標準化とは、ブラック・ボックス領域のインタフェースと結合公差（物理的公差や機能・性能のバラツキ許容値だけでなく使用条件などの外部仕様や試験法も含む）だけをオープン化することによって市場利用コストを激減させ、内部構造や内部技術に対する知識が全くない人でも外部仕様（形式知化されたインタフェースと結合公差）とを知るだけで安心して使えるようにすることであった。これは同時に、外部インタフェースと結合公差だけを徹底してオープン化することによって内部のブラック・ボックス領域を守り易くする仕掛けづ

³⁶ これまでのコーディネーション・コストには、製造業が本質的に持つ製品の擦り合わせ設計コストや部品調達コスト、組立量産コストが想定されていない。

³⁷ パソコン産業もオープン国際分業型が徹底して追求されてきたが、MPU と Chipset のセグメントを担うインテルの組織能力もまた垂直統合型が追求されてきた。

³⁸ 例えば富田、立本（2006）、富田、岡本（2007）

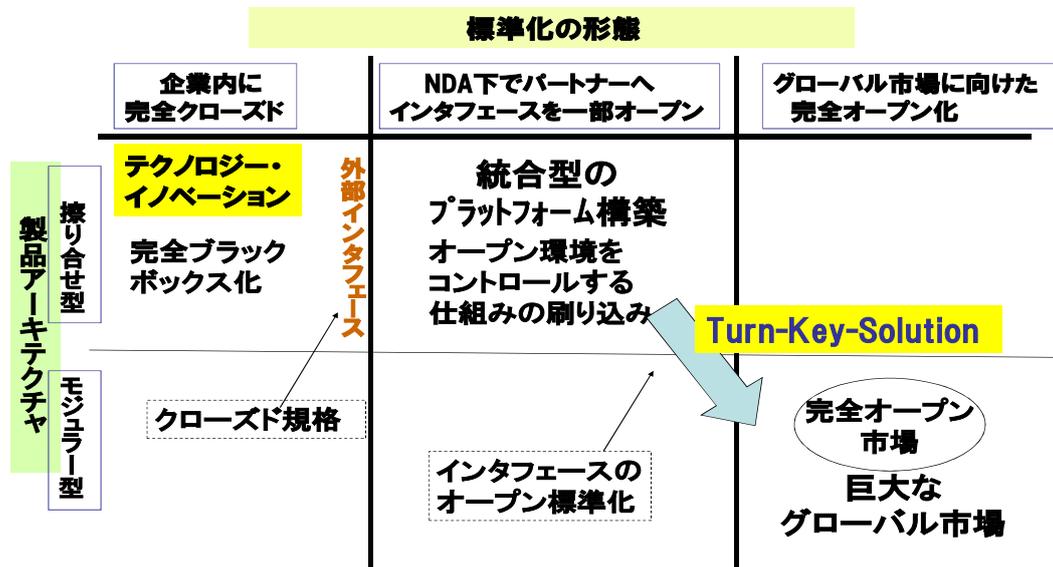
³⁹ 携帯電話やデジタルカメラの事例は小川（2009b）の第 7 章と第 8 章を参照。

くりでもあったのである。⁴⁰ 企業利益の源泉であるブラック・ボックス技術の外部仕様のみを標準化することが、自社技術の大量普及と外部漏洩を防ぐことになるという意味で、企業の経営ツールとしてきわめて重要な意味を持つようになる。⁴¹

●標準化第二ビジネスモデル

第二モデルの基本構造を、製品アーキテクチャと標準化の形態をパラメータにしながら図12に示した。ブラック・ボックス領域のイノベーション成果をオープンなグローバル市場へ大量普及させるという点では第一モデルと同じだが、大きく異なる点は、完全ブラック・ボックス領域とオープン領域の間に、双方をつなぐための中間領域を設けることである。中間領域は、ブラック・ボックス型領域の付加価値を更に拡大する機能を持ち、そしてブラック・ボックス領域からオープン環境をコントロールする機能を持っている。この二つの機能を内部に封じ込めた中間領域を、Full-Turn-Key-Solution としてオープン・モジュラー環境（図12右下）へ大量普及させるのが、標準化第二ビジネスモデルの真髄である。

図12 標準化第二ビジネスモデル
オープン環境で最も多用されるビジネスモデル



⁴⁰ これらはいずれも経験的に知られていたことであるが実証的な研究が非常に少ない。しかしこの事実を側面から支える実証研究が水野(2006)によって報告されている。水野によれば技術移転の際にインターフェースがしっかり規定されていればインターフェース関連技術だけを教えることで誰でも作れる。このようなケースでは内部技術がほとんど漏洩しない。一方、インターフェースが曖昧であれば内部技術情報を織り込みながら教えざるを得ない。したがって技術が漏洩しやすい。

⁴¹ その背後で高度な知財マネジメントも必要なのは言うまでもない。

このモデルをオープン・モジュラー型市場（図 12 の右下）に陣取る開発途上国/キャッチアップ型企業の視点で見れば、単に市場利用コストがゼロに近くなるだけでは決してなかった。技術蓄積の無い NIES/BRICs/NextEleven 諸国の企業にとって、巨大なグローバル市場へ参入するビジネス・チャンスが標準化第二モデルによって到来するのである。ここからほぼ理想的な比較優位の国際分業が同じ産業の中で生まれ、同じ産業の中の比較優位の国際貿易もこれを起点に進展する。

一方、第二モデルの仕掛けを作る企業の視点から見れば、Full-Turn-Key-Solution 型のプラットフォームを中間領域で構築することによってはじめて、自社（自国）の付加価値領域を大量に、しかも低コストでグローバル市場へ普及させることが可能になる。完成品の低コスト組み立てを担うアジア諸国の比較優位が、ブラック・ボックス型の付加価値を巨大市場へ大量普及させてくれるからである。もしここでブラック・ボックス領域の技術進化を独占することができれば、標準化第二モデルによってグローバル市場の完全支配さえ可能になる。このモデルはまさに、国際標準化を使ってアジアの成長を先進工業国企業の成長に取り込む仕掛け作りそのものではないか。

その代表的な事例がパソコン産業におけるインテルのモデル(1995 年以降のグローバル市場)であり、光ディスク産業におけるソニー（1990 年代初期の中国市場）や三洋電機（1990 年代中期以降の中国市場）、およびデジタル携帯電話におけるクアルコム(2002 年以降のグローバル市場)やメディアテック（2005 年以降の中国市場）のモデルであった。自転車産業のシマノもこれに含まれる。また詳細は別稿に譲るが、インターネットにおけるシスコシステムズのモデルも、標準化第二モデルに位置付けされる。いずれもコモディティ化すればするほど大量普及と高収益が同時に実現されている。大量普及を担うのがアジア諸国企業であるのは、いうまでもない。

いずれも垂直統合か水平分業かの二者択一ではなく、あるいはブラック・ボックスかオープン化という二者択一でもなく、付加価値が集中カプセルされたブラック・ボックス領域を拡大する仕掛け、そしてここからオープン環境をコントロールする仕掛けづくりで構成されている。前者は市場利用コスト・ゼロに近いコモディティ市場で付加価値を独占するメカニズムが内部に秘められており、後者はオープン・インタフェースやプロトコルを介してコモディティ市場を合法的に独占するメカニズムが内包されている。これらはいずれも、技術蓄積の少ないキャッチアップ型工業国の企業をパートナーにすることで初めて機能する。インタフェースやプロトコルが国際標準化を介して技術モジュールの結合公差（デジタル型であれば論理規格とその適用要件なども含む）が完全オープン化されているのは言うまでもない。

第一モデルはブラック・ボックス型の付加価値領域を守り、同時にユーザが使い易くするための仕掛け作りであった。しかしながら標準化第二モデルは、ブラック・ボックス領域からグローバル市場の巨大なサプライチェーンを支配するというアクティブ型の構造になっている。この意味で、日本企業が得意とするパッシブ型の第一モデルと際立った違

い見せる。しかしながらいずれの場合も、オープン環境を支配するメカニズムは、国際標準化されたインターフェースとプロトコルを介して、擦り合わせブラック・ボックス領域とオープン領域との相互依存性を強化する点にあったのである。

標準化第二ビジネスモデルは、1990年代の中期にアメリカ企業によってこの世に生みだされた完全勝利モデルである。21世紀の現在では、欧米だけでなく台湾や中国を含む世界中のエレクトロニクス産業で普遍的なビジネスモデルとなった。ヨーロッパやインド、中国では、これが自動車産業にまで適用されようとしている。しかしながら日本の多くの企業幹部に対する筆者のインタビューによれば、日本のエレクトロニクス産業がこの第二モデルの登場によってグローバル市場から撤退を強いられたにもかかわらず、このモデルの存在を明示的に認識していなかった。

1980年代から1990年代にアメリカで興隆した経営論が我が国へ紹介されたとき、市場活性化の産業政策として高度1万メートルから語るオープン化やモジュール・クラスター化と、市場の前線に陣取る経営者が高度1.5メートルの目線で追求する利益の源泉構築や市場支配力とが、全く区別されずに我が国へ持ち込まれたのではないか。例えば、常に欧米企業がオープン化を標榜し、利用コストをゼロに見せて誰にでも使わせるインターフェースやネットワーク・プロトコルが、実は付加価値の詰まった自社のブラック・ボックス領域からオープン環境を支配する仕掛けだったのである。アジアの成長を自国あるいは自社の成長に取り込む仕掛け作り、と言い換えてもよい。全てをオープンにして存続できた企業はない。欧米企業に見るオープン化・国際標準化とは、自社のブラックボックス領域としての付加価値 (Proprietary Innovation の成果) を瞬時にグローバル市場へ運ぶ事業戦略だったのである。

その他、部品や材料を低コストで安定に調達するための標準化第三モデルや共創の場と競争の場を人為的に作って市場活性化を図る産業政策としての標準化第四ビジネスモデルなどもあるが、これと技術モジュールの結合公差との関係は別稿に譲りたい。

4. 自動車産業の中ではじまる国際標準化

4.1 日本の国際標準化が抱える課題

欧米諸国が1990年代に完成させた標準化ビジネスモデルは、いずれもデジタル技術の興隆とシュンペータ反革命ともいうべき1980年代の産業構造改革とが重畳することによって生まれた。そしてここから多くの伝統的な欧米企業が、クローズド垂直統合からオープン国際分業へ、システム全体のイノベーションから特定セグメントのイノベーションへ、ブラック・ボックス化からオープン化へ、個別企業の市場独占から多数の企業の協業による巨大市場の創出へ、高収益から際限のない価格競争へ、そして知財の権利維持から知財のオープン化など、矛盾に満ちた経営環境の到来に直面し、塗炭の苦しみしみを強いられた。チャンドラー的な企業制度が経済合理性を失ったためである。

その代表的な事例が 1980 年代の IBM など、アメリカに見る伝統的なエレクトロニクス企業だったのである。デジタル技術の興隆がシュンペータ反革命ともいべき産業構造改革と重畳することによって生まれた経営環境、すなわち人工物を構成する技術モジュール相互のインタフェースの形式知化、結合公差の拡大、および産業政策としてのオープン標準化や国際分業化の潮流が、設計コストはもとより企業間の協業コストや量産工程の設計コスト、製造設備の設計コストを、全て劇的に低下させた。ここから IBM が築いたフルセット垂直統合型の企業制度が、経済合理性を失ったのである。

しかしながら現在の標準化論には、欧米諸国が強行した産業構造の転換とデジタル技術（マイコンとこれを動かすソフトウェア）の作用がオープン標準化政策に与えた影響はもとより、これが国際競争力や企業制度の在り方を一変させてしまう事実が取り込まれていない。したがってデジタル技術が製品設計の深部に介在する 21 世紀型製品の標準化と 1980 年代以前の標準化が区別されずに議論されてきた。

製品設計にデジタル技術が深く介在することで基幹部品（一般論として言うなら人工物を構成する技術モジュール）の結合公差が飛躍的に拡大する事実は、製品アーキテクチャのモジュラー型への転換と言い換えてもよい。このようなプロセスを経る人工物のモジュラー化は、世界中のエレクトロニクス産業で当たり前のように観察された（小川、2008a）。オープン環境の国際標準化は、人工物の結合インタフェースと結合公差をともにオープン化することと同義語だったのである。したがって、擦り合わせ型からモジュラー型へ国際標準化を活用しながら転換させるノウハウ、すなわちどの領域をオープン化してどこをブラックボックスにするかという事業戦略は、いわゆるサプライチェーン構造の事前設計、これを構成する技術モジュールのブラックボックス化とインタフェースの形式知へ転換に関する事前設計、さらにはブラックボックス領域からオープンなサプライチェーンを支配するメカニズムの事前設計とこれを支えるビジネスモデルや知財マネジメントが加わって初めて完成する。技術力は単なる必要条件でしか無くなったのである。

デジタル技術と国際標準化の重畳によって生まれる市場利用コストの劇的な低下が、比較優位の国際分業をオープンなグローバル市場で加速させ、20 世紀の初頭から先進工業が追及し続けた企業制度のあり方を劇的に変えてしまった。フルセット垂直統合型を標榜する日本企業の中で、まずデジタル型のエレクトロニクス産業から国際競争力を失った理由がここにあったのである。しかしながらこれは、日本企業だけでなく 1980 年代のアメリカや 1990 年代のヨーロッパでも、伝統的なエレクトロニクス産業が同じように直面した共通の経営現象だったのである。デジタル技術が製品設計の深部に最も早く介在したのがエレクトロニクス産業であった。21 世紀の現在では、類似の経営環境が他の多くの産業領域まで拡大している。

4.2 ソフトウェアの自動車技術への介在と国際標準化

ここで我々が懸念するのは、1990 年代後半から日本のエレクトロニクス産業が直面し

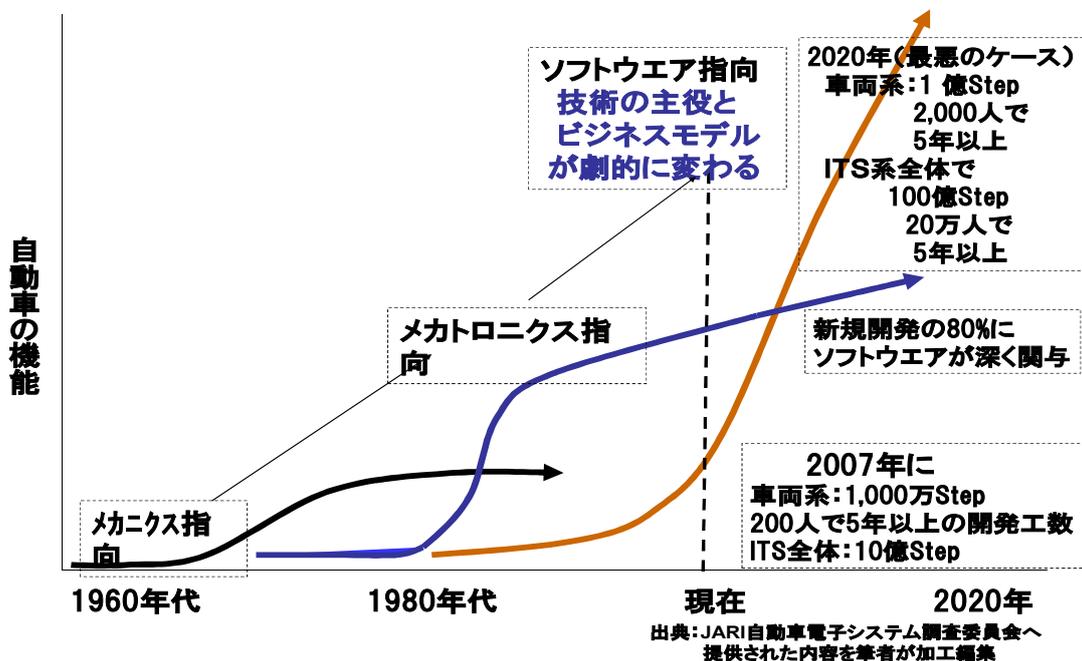
た経営環境が、国際標準化の作用によって多くの産業領域へ拡大しつつあるという事実である。巨大な擦り合わせ型技術体系であって、技術モジュールの結合インタフェースに多くの暗黙知を含む自動車にソフトウェア制御（マイコンを使ったデジタル制御のソフトウェア）を活用したのは、1980年代であった。⁴² 特にエンジンのソフトウェア制御が排気ガス規制への対応や燃費の大幅向上で担った役割は計り知れない。そしてまた、ソフトウェア制御によって、それまで暗黙知に留まった技術領域が形式知へ転換され、技術モジュール相互の結合公差が広がったので、コストをさほど上げずに自動車の機能・性能・品質および安全性が大幅に向上した。結合公差の拡大を機能・性能・品質などへ振り替えることができた、と言い換えてもよい。あるいは、もし機能・性能・品質や安全性を従来のままに据え置くのなら、結合公差の拡大によってモジュラー型へ近づき、オープン分業化が加速して低コスト・大量普及が可能となる。これが中国やインドに見る現在の自動車産業ではないか。

少なくとも先進工業国の市場に見る自動車では、要素技術の制御に対するソフトウェアの介在が21世紀になって急速に進み、ソフトウェア（現在では組み込みソフトウェアと呼ばれる）がカプセルされるECU（Electronic Control Unit）の数も50個を遙かに超えるまでになった。ソフトウェアを動かすマイコンの数は、優に100個を超える。⁴³ その経緯を図13に示した。

⁴² ここではデジタル化とソフトウェア化を同じ意味で使う。マイコンをエンジン制御に初めて使おうとしたのはドイツのボッシュであったという。

⁴³ 自動車の環境規制が非常に厳しくなった最近では、各国で異なる規制に対応するために多くマイコン（あるいはDSP）を使わざるを得ず、その数が急速に増えていて150個をはるかに超えるものすら現れた。

図13 自動車の技術開発がソフトウェアへ急速にシフトー



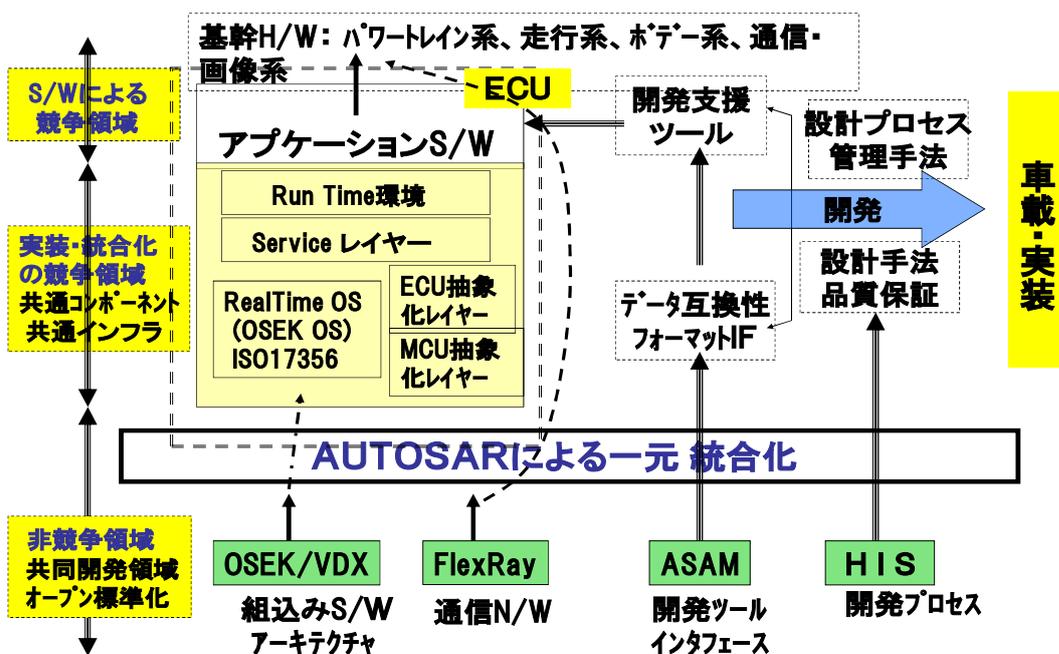
最近では車両系の設計に介在するソフトウェアの数が1,000万ステップを超えた。1,000万ステップとは、1990年代末のWindowsOSに相当する巨大なソフトウェア体系である。自動車産業では過去10年にソフトウェアのステップ数が約10倍以上に増えたが、この増加率はコンピュータやデジタル家電のケースとほぼ同じである。したがって、車両系ソフトウェアもこれを単純延長すれば2020年までに最悪1億ステップを超える、と多くの業界関係者が予測している。特に2000年代の初期から厳しくなった環境規制によって、現在ですらソフトウェアの爆発に対応不可能になりつつある。電気自動車なら環境規制に関するパワートレイン系のステップ数が大幅に減るという意味で、もし電池のコストが下がれば将来の本命になる可能性は十分に有り得る。

ソフトウェアの爆発が自動車を構成する要素技術の至るところで起きており、5年後ですら1社で全てのソフトウェアを開発することは不可能になるであろう。たとえ開発できたとしても開発コストを回収できないのはもちろん、その品質を検証しながら自動車の安全性を確保するのは不可能である。

このような事態に対応することを目的に設立されたのが、自動車用組み込みソフトウェアの標準化団体として2003年に設立されたヨーロッパAUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture)であった。ここでまず標準化の対象となっているのは、図14に示すECU内部の組み込みソフトウェアの領域であり、ここをオープン環境で共同開発しながら標準化する協業領域とし、すなわちメンバー企業であればその擦り合わせ利用コストが発生しない経営環境にし、その上位レイヤーに位置取りされるアプリケーションを各社の差別化・

競争領域に設定している。AUTOSAR が追求する協業と競争の峻別が自動車産業の国際分業を加速させ、ここからグローバル市場の競争ルールが大きく変わって行くであろう。

図14 AUTOSARと関連プロジェクトの協業関係および車載システムへの適用プロセス



現在でもまだアプリケーションに近い領域の標準化がコンセプトのレベルで留まっているとはいうものの、互いに協業すべき、すなわち利用コストをゼロにすべき領域の一部では既に標準化が進み、その成果が一部取り込まれた自動車も市場に出荷されはじめた。⁴⁴

また ECU の組み込みソフトウェア標準化に関連する他の標準化団体の多くが、すべて AUTOSAR に統合同体化されている。たとえば OSEK/VDX や FlexRay, ASAM, HIS などのように、ヨーロッパ諸国が 10 年以上、場合によっては 20 年以上も営々と続けた標準化活動の成果を、全て AUTOSAR に結集させながら自動車設計に反映させようとしているのである。愚直ではあるが確かな長期戦略を重視する欧州企業の姿を、ここから理解できるのではないか。⁴⁵

⁴⁴ 2009 年の時点では、アプリケーション側や複合ドライバーにまだ標準化が介在していないので、AUTOSAR が当初ゴールと考えた姿にまだ至っていない。AUTOSAR 規格が普及して競争ルールが変わるのは、1015~2020 年ではないか。

⁴⁵ なお欧州企業でも完成品メーカ (OEM) と部品メーカ (サプライヤー) では、事業戦略の出発点が全く異なる。日欧米の完成品メーカは、部品サプライヤーによる市場コントロールを排除するために AUTOSAR 標準によるオープン化を狙っており、一方、部品サプライヤーは、開発途上国の完成品メーカとその市場で、AUTOSAR 規格を武器にした勝ちパターン構築に重点を置いている。

4.3 競争ルールの変化を想定した自動車の標準化ビジネスモデルとその考え方

我々がここで深く考えなければならないのは、ソフトウェア爆発に対する開発工数削減や品質確保のための標準化、という視点だけではない。これまで観察された数多くの事例のように、製品設計にソフトウェアが深く介在して暗黙知を形式知へ転換し易くなり、技術モジュールの結合公差も飛躍的に拡大する。その上でさらにこれらが国際標準化によってオープン化されるのであれば、エレクトロニクス産業と類似の経営環境が自動車産業でも顕在化すると考える方が自然ではないだろうか。AUTOSAR が電気自動車に適用されれば、自動車産業ですらグローバル市場の構造転換が待っているであろう。

例えば、超精密機構部品で構成された VTR が 1984 年ころから、また超最先端のメカトロニクス技術で構成されて誰もが擦り合わせ型と言って憚らなかつた記録型 DVD 装置ですら 2002 年ころから、そして擦り合わせ型と言われ続けた複合事務機（プリンター＋スキャナー＋ネットワーク機能）でもあっても、2006 年ころから技術伝播が加速した。そしていずれもこのタイミングから、日本企業が苦境に立ったのは厳然たる事実である。

したがって我々は、まず第一に、基幹技術モジュールの設計にソフトウェアが深く介在した場合に、それまで暗黙知とされた自動車の全技術体系の中の、どの領域で技術モジュールのインタフェースが形式知化され、結合公差が飛躍的に拡大し、そしてどの領域なら暗黙知を維持するかという分析をしなければならない。自動車産業のビジネスモデルがどのように変わるかは、これによって初めて体系的に理解することができる。

第二は、国際標準化を活用しながら、オープン・サプライチェーンのどの領域の技術モジュールでインタフェースと結合公差を強制的にオープン化し、どの領域は絶対に標準化せずに擦り合わせブラック・ボックス化を徹底させるべきか、そしてどのような仕掛けならブラック・ボックスからオープン領域をコントロールできるか、という事業戦略としての判断が来る。

そして第三に、標準化される領域とされない領域の知財マネジメントが来る。特に国際標準化が生み出すオープン分業型の産業構造では、伝統的な知財マネジメントではなく、標準化（オープン化）領域の事前設計を主導し、そしてオープン化領域の技術進化を独占するための知財マネジメントが、極めて大きな役割を担うのである。これまで自社が抱え込む付加価値領域だけに焦点を当てた知財マネジメントに議論が終始していたが、比較優位のオープン国際分業を特徴とする産業構造では、誰にでも公開して使わせるオープン化領域の知財マネジメントこそが、自社の付加価値領域から巨大なオープン・グローバル市場へ影響力を行使する上で極めて重要な役割を担う（小川、2009b の第 3 部）。AUTOSAR にもこのような最先端の知財マネジメントが擦り込まれているのではないかと。

これらの冷静な分析と事業判断があってはじめて、国や企業の競争力という視点に立つ標準化ビジネスモデルと、その背後の知財マネジメントを議論することが可能となる。この延長で電気自動車における類似の技術分析と経営判断が必要とされるのは言うまでもない。

我々が取り組むべき上記の事項は、いずれも既存の競争理論、企業制度論、標準化論、知財マネジメント論などが通用しない未知の世界である。この意味で我々は、産学官業が互いに知恵を出し合い、まずは組み込みソフトウェアの設計深部への介入によるインタフェースの形式知化や結合公差の拡大、そしてインタフェースと公差の標準化（オープン化）がもたらすオープン国際分業への転換を、技術的な視点から分析する作業を急ぐべきではないか。幸いにも自動車の電子化や組み込みソフトウェアについては、経済産業省の地道な支援によって（財）日本自動車研究所が業界や学会と共同で自動車の電子化に関する調査を進め、⁴⁶ 平成 21 年度もこれを継続している。

内燃機関の自動車は、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技術体系で構成される。その中でも特に、ガソリンエンジンが発する高温を効率的に放熱するための擦り合わせ実装技術体系、そしてまたエンジンが発する振動低減や騒音防止のための擦り合わせ実装技術体系を、さらには人命に係る安全安心や環境規制・燃費規制に対応する擦り合わせ技術体系を必要とする。エンジン／パワートレイン側はもとより、シャシー側の技術体系との非常に深い擦り合わせ協業ノウハウが不可欠なのであり、これらが製品設計と生産技術や製造技術に擦り合わせ共有される統合型の技術体系こそが、キャッチアップ型工業国の企業に対する参入障壁になっていた。

特に 2000 年代になると、強化された環境規制・燃費規制によって車全体のデザインの自由度さえ強い制約を受け、同時に上記の放熱・防振・防音のためのシャシー側の擦り合わせ実装技術と強い相互依存性を持つようになった。厳しい環境規制に合格させるために、ソフトウェアを駆使したエンジン制御などでは限界があり、高速走行時の風圧低減を組み合わせなければならなくなったのである。21 世紀に強化された環境・エネルギー規制が、内燃機関の自動車を更に丸ご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。⁴⁷ ハイブリッド車や電気自動車、燃料電池自動車が必須になる時代環境がここにもあった。

例えば電気自動車では、発熱や振動・騒音対策がほぼ不要になり、環境規制・燃費規制に対応する擦り合わせ技術領域が大幅に縮小するので、個別技術モジュールの相互擦り合わせが激減する。さらにデジタル技術が深く介入することによって技術モジュール相互のインタフェースが形式知化され易く、技術モジュールの結合公差も拡大する。環境規制・燃費規制による車のデザインに対する制約も軽くなるのでシャシー側の実装設計でも自

⁴⁶ 日本自動車研究所(2009)を参照。その第 2 弾も、2010 年 4 月初旬に同じ日本自動車研究所から出版される。

⁴⁷ ただし高速走行を必要としない車種や環境規制がゆるやかな開発途上国の市場はこの限りでない。したがって擦り合わせをさほど必要としないモジュラー型アーキテクチャの自動車が低コストで大量に普及する。なお全ての自動車で設計が必ず擦り合わせ協業設計であるものの、擦り合わせの度合いは、先進工業国企業の自動車設計と開発途上国のそれで全く異なる。後者の代表的な事例がタタモータのナノカーや中国企業自動車である。当然のことながら、自動車の量産プロセスは、超擦り合わせ型の一部の日本車を除き、全て組合せ分業型になっている。

度が拡大し、技術モジュール相互の結合公差さえも格段に広がる。また電気自動車では、製品設計の深部にデジタル技術がさらに介在し易いものの、ハード機構部との擦り合わせ協業が必要な組み込みソフトのステップ数が遥かに少なく済むという意味で、オープン国際分業がビジネスモデルで当たり前のようになり取り込まれるであろう。

したがって電気自動車では、1990年代以降の日本のエレクトロニクス産業が直面した経営環境が、非常に早い段階から顕在化するのではないか。事実、欧米企業の中では、結合公差が拡大して設計と製造がオープン分業化したエレクトロニクス産業と同じように、EMSを活用した組み立て製造が（アウトソーシングが）、電気自動車でも当たり前のようになり検討されている。

電気自動車の製品アーキテクチャでは、瞬時にモジュラー型になってオープン国際分業が加速する可能性が非常に高いので、⁴⁸ 日本企業はこれを前提にしたビジネスモデルや知財マネジメントを事前設計し、新たな経営環境の到来に備える必要がある。従来の擦り合わせ型製品なら競争ルールが変わらないので、既存の経営環境でボトムアップ型の取り込みが有効かもしれない。競争ルールが変わらないからである。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するケースではグローバル市場の競争ルールが一変する。したがって工場中心のボトムアップ的な生産技術や生産管理側からの取り組みではなく、ビジネスアーキテクチャの全体構造を分析し得る立場の総合企画部門が、トップダウン的に取り組まなければならない。⁴⁹

4.4 大容量蓄電池の国際標準化とその考え方

大容量の蓄電池は、球温暖化防止で重要な役割を担うスマート・グリッドや電気自動車でも最も重要な技術モジュールと位置付けられるが、すでに世界を代表するIECやISOなどがオープン環境の国際標準を進めようとしている。これまで筆者が調査した他の多くの事例によれば、製品を構成する全技術体系のどの領域を標準化するかによって競争ルールや普及スピードが全く変わってしまう。蓄電池の標準化がまだコンセプトのレベルに留まっているとは言えるものの、もし海外諸国が提案する標準化が電池のセルやモジュール、あるいはパックの内部構造に介入する可能性が非常に強いのであれば、**図8**の左側から右側に向けた産業構造の転換が起き易くなるという意味で、**図9**に示す日本企業の伝統的な

⁴⁸ 電気自動車の全てが常にモジュラー型になるわけではない。たとえば時速150km以上で高速道路を走るなら安全設計が全ての大前提になる。したがって、衝突時のリチウムイオン電池の保護以外に、少なくともボデー/シャシー系の擦り合わせ設計が必須であり、ここに伝統的な自動車メーカーの差別化領域がある。しかしながら時速がせいぜい60km程度で走るCity Carならその限りでない。充電スポットなどのインフラが整わず、電池の容量によって遠距離ドライブが制限される限りCity Carのコンセプトを抜けられないという範囲でなら、電気自動車はモジュラー型のアーキテクチャと呼ばれるであろう。

⁴⁹ 電気自動車の場合でも、ビジネスの現場では、少なからぬ日本メーカーが内燃機関のケースと同じように徹底した総合型化・システム化で付加価値を内部に封じ込める戦略を取るであろう。しかしながらNIES/BRICs諸国の新興企業群はもとより欧米企業も、エレクトロニクスで当たり前にあった比較優位の国際分業を、電気自動車間違いなく徹底させる。

組織能力では対応困難な経営環境が到来する。

**図15 蓄電池のどこをオープン標準化すべきか
どこを起点にビジネスモデル・知財マネジメントか**

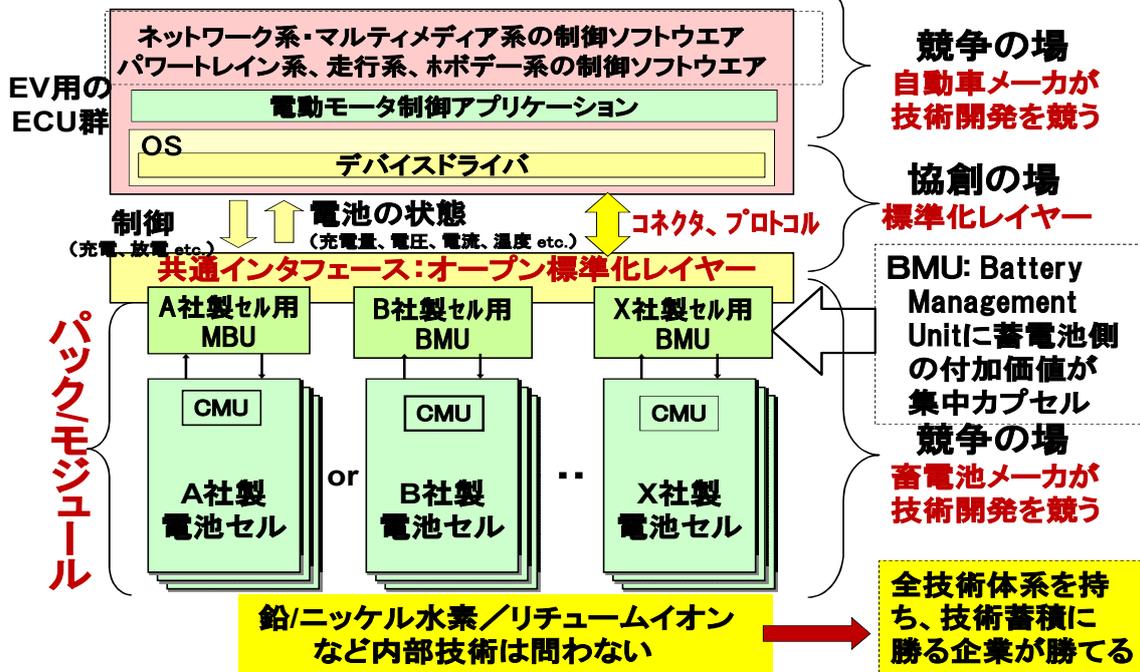


図 15 に蓄電池の標準化を考えるための土俵を模式的に示したが、自動車用の蓄電池でまず優先されるべきは、安全・安心の基準とその試験法の国際標準化である。しかしながら試験する箇所が、図 15 でセルの内部なのか外部インターフェースなのか、あるいはパックの外部インターフェースなのか、によって安全・安心の基準も試験法・試験条件も変わってしまう。そして標準化（オープン化する）すべきレイヤーが変わるのは言うまでもない。

一方、自動車側と蓄電池側の擦り合わせノウハウが安全安心を確保する上で最も重要な役割を担うのは厳然たる事実である。したがって図 15 の共通インターフェースでさえオープン化（標準化）すべきでない、と少なからぬ日本企業が主張する。その理由として、インターフェースをオープンすると技術蓄積の少ない海外のキャッチアップ型企業の市場参入を速める懸念がある、と主張する。しかしながら、蓄電池のコストが電気自動車の全体の 50% を占めていて、これが炭酸ガス半減に向けた電気自動車の大量普及を妨げる。この意味で日本以外の多くの国は、図 15 に示す共通インターフェースか、あるいはパックやモジュールの内部構造に踏み込んだ標準化を強く主張するであろう。このような共通インターフェースのオープン標準化は、競争を促してコストを下げるだけでなく、自動車以外の他の全ての領域に共通して使われる蓄電池へと変貌させるからである。これが他の多くの領域で世界の人々が観察してきたことであり、日本だけがグローバル市場の経済合理性を否定す

ることはできない。

もし否定し続けて従来型を維持し、そして何の対応をしないのであれば、半導体、携帯電話、液晶パネル、DVD、カーナビなどのような多くのエレクトロニクス製品に例を見るように、日本が誇る大容量蓄電池でさえも 5～10 年後にはガラパゴス化と揶揄されるのではないか。我々はガラパゴス島になる時間を遅らせることはできるが時間を止めることはできない。もしこのまま放置して標準化を海外企業に委ね、図 15 の Cell 内部の構造や材料まで国際標準化される事態になれば、付加価値領域が非常に狭くなって隷属的なビジネスを強いられ易くなるだけでなく、技術進化を主導する権利さえも失う。これも数多くの事例で観察された厳然たる事実であった。

日本が誇る技術と言われ続けた蓄電池の内部構造までオープン化すれば、部品単品・材料単品のビジネスでしか競争力を維持できない状況に追い込まれる。この事態を座して待つのではなく、蓄電池という複合型システム型の巨大技術体系で独自イノベーションを主導できる経営環境を国際標準化によって作り出さなければならない。そのゴールは、図 15 の中央部に示す共通インタフェース標準化である。しかしながらこのゴールに至るプロセスはプロダクトライフサイクルの視点を考慮し、初期のステージではまず標準化の枠組みだけを事前設計することが望ましい。

ここでゴールと敢えて主張したのは、複合的な技術体系でどの領域を標準化するかは、プロダクトライフサイクルの視点で判断しなければならないためである。一般に、完全デジタル型製品システム以外の複合型システムでは、初期の段階で技術体系をモジュールに分解し難い。したがって初期の段階で細部の標準化が困難であり、まずはゴールを明確にするものの、標準化は枠組のレベルに留めざるをえない。自動車や蓄電池のような複合型の技術体系で構築される製品システムでも、初期の段階で技術モジュールのインタフェースやモジュールの結合公差を明らかにするのが技術的に困難であるという意味で、例外ではない。たとえば、電気自動車の蓄電池の安全性を、自動車側の技術体系抜きのパック側だけで保証することは、現時点で不可能である。しかしながら技術体系の全容が業界で共有されるようになるにしたがって徐々にパック側だけで保証できるようになる。これがモジュール化の進展であり、プロダクトライフサイクルの視点で考えるべきという主張がここから生まれる。⁵⁰

電圧・電流などが蓄電池の応用形態によって変わるので、蓄電池側とこれを使う側とのコミュニケーションを制御するプロトコルの標準化が必要なのは言うまでもない。そしてこれらを進化させる方向を主導するための知財マネジメントに知恵を巡らすことによ

⁵⁰ モジュール化とオープン標準化が同期して進む事例は、コンピュータの外部記憶装置としてのハードディスクでも同じように観察される。1960 年代のメインフレーム・コンピュータは CPU がハードディスクの物理アドレスを直接管理していたので相互依存性が非常に強かった。モジュール構造になっていなかったのである。しかしながら 10 年後のミニコンでは、ハードディスクを制御する本格的なコントローラが外部に設置されてモジュールイ化が進んだ。また 1980 年代の後半になると全てのコントローラ機能がハードディスクの内部に取り込まれて究極のモジュラー構造が完成した。モジュラー化を加速させたのがオープン国際標準化である。ここからハードディスクの価格が急激に下がって大量普及したのはいうまでもない。

って初めて、蓄電池の大量普及と高収益の同時実現が可能になる。“年間 10 兆円市場・世界シェア 50%”を狙うには、以上のような仕組み作りが必要になるのである。⁵¹

したがって我々は、蓄電池の全技術体系の中のどの領域のインタフェースと結合公差を強制的に国際標準化（オープン化）して低コスト大量普及の役割を担わせ（10 兆円/年の市場に向け）、どの領域を標準化せずにブラック・ボックス化を徹底させ、日本の技術イノベーションと競争力の源泉を確保すべきか、そしてブラック・ボックス領域をいかに拡大し、ここからオープン領域に対してどのようなメカニズムで影響力を行使するか、などという経営的な視点の分析を急がねばならない。

具体的には、**図 15** に示すパック/モジュールにある Battery Management Unit (BMU) の共通外部インタフェースで、情報インタフェースとプロトコル、および電力インタフェースやコネクタなどをオープン環境で国際標準化し、インタフェースの内部だけをブラックボックス化することが一般解である。しかしながらこれだけでなく、このブラックボックス領域をできるだけ広く設定できる方向へ国際標準化を徹底しなければならない。広い技術領域でブラックボックス化の徹底とその外部インタフェースを国際標準化によってオープンにすれば、日本企業が持つ統合型の技術力が蓄電池の機能・性能・品質・小型軽量化などに直結する独自の技術イノベーションを主導できる。

さらに言えば、国際標準化についてはコネクタなどの物理形状や安全・安心の基準とその測定法・測定位置だけに留めるべきであって、それ以外はいわゆる“枠組み標準”に留めることがビジネス上の知恵となる。“枠組み標準化”に限定することによって、トータル・サプライチェーンの中で他のセグメントとの相互依存性をビジネスモデルとしてコントロールすることも可能になるからである。またプロトコルの標準化も、細部を決める設計標準ではなく、標準化は基本仕様だけに留めるべきである。携帯電話のプロトコルやインターネットのルーティング・プロトコルに見る事例の教訓は、プロトコルの進化を主導できるような仕組みを標準化知財マネジメントによって組み込んだ企業だけが、グローバル市場に対する影響力を長期にわたって維持・拡大することができるからである（小川、2009b の第 14 章）。

その上でさらに、蓄電池の残存価値を決める評価方法が国際標準によって決められれば、日本の技術イノベーション成果がグローバル市場の付加価値へ転換する仕組みが出来る。このとき蓄電池側の付加価値が、セルやモジュールや材料と同等以上に Battery Management Unit 側のソフトウェア・モジュールへ蓄積されるであろう。この視点を持って国際標準化へ対応しないと、技術イノベーションの方向を主導できないだけでなく、日本企業が持つ付加価値領域が大幅に狭くなってしまふ。これは小川(2009b)に紹介した欧米企業の事例からも理解される。

⁵¹ 例えば最近の調査によれば、途上国企業の蓄電池技術は、容量型ならセル単体のレベルで日本企業との差が小さくなるが、たとえ容量型であっても統合化されたパックやモジュールのレベルになると技術格差が非常に大きくなるという。プロダクトライフサイクルの視点でみた標準化の枠組みも、このような事実も参考にできるのではないか。

言い換えれば、“枠組み標準”に徹することによって統合型の技術ノウハウの全体系を持つ製造大国が独自イノベーションを広い領域で主導できるようになり、さらに知財マネージメントを刷り込めば大容量蓄電池の技術ロード・マップを独占できる。細部を決める設計標準に走ってはならない。これが、国際標準化後のビジネス現場で主導権を握る仕組みである。

5. アジアの成長を日本の成長に取り込む手段としての国際標準化

ここでは、筆者が考える今後の方向をスケッチするに留め、詳細は別稿に譲る。

本稿では、人工物を構成する技術モジュールのインタフェースという従来の考え方以外に、技術モジュール相互の結合公差という概念を新たに導入した。デジタル技術の製品設計への介在によって結合公差が飛躍的な拡大する。国際標準化はインタフェースと結合公差をグローバル市場へオープンする役割を担い、同じ産業の中に比較優位の国際分業が生まれて10~30倍の巨大市場となる。ここは図9でなく図10に示す産業構造が支配する市場であり、20世紀の初頭から先進工業が追及し続けた企業制度のあり方が劇的に変わった。この意味で日本企業は経営環境の歴史的な転換期に立ったのである。

企業にとっての国際標準化とは競争ルールが大きく変わることを意味し、これに対応できる組織能力の在り方、そして企業制度の在り方も変わる。したがって国際標準化とは、経営者が直接関与すべき基本的な経営ツールなのであり、ビジネスモデルとリンクしない牧歌的な標準化活動が極めて危険である。マクロ政策としての国際標準化とは、ISOやIECへ数多くの標準化提案をすることが目的では決してない。ましてやISOやIECで、多くのワーキング・グループの主査を務めることが目的でもない。日本の伝統的な企業制度の在り方が国際標準化によって大きく変わることを念頭において、その上で更に国際競争力を維持・強化する競争政策でなければならない。標準化提案や主査を務めることは表面に現れる一つのステップに過ぎない。

本稿の第3章に紹介した標準化第一ビジネスモデルや第二ビジネスモデルは、自由な独自イノベーションを可能にする擦り合わせブラック・ボックス領域を必ず確保し、この領域をできるだけ広く設定しながら技術イノベーションの方向を主導し、そしてその成果を経済的な価値へ転換させる経営ツールであった。環境・エネルギー関連の製品や技術についても、国際標準化が生み出す競争ルールの変化を冷静に見据えるための分析ツールが必要となる。我々は日本企業の組織能力が生きる標準化ビジネスモデルの事前設計やビジネスモデルを支える知財マネージメントの事前設計に関する理論を提供しなければならない。

国際標準化は図8の右側や図10の産業構造を必ず作り出す。したがって日本が自前主義で全てを担う時代は去った。オープン化領域と独立に技術イノベーション起こせる競争領域と全てをオープンにする非競争領域を国際標準化のプロセスで事前設計すれば、アジア諸国と日本が共に成長し合う協業が可能となる。アジアの成長を日本の雇用や成長に取

り込む仕組みは、国際標準化を駆使することによって構築できるのである。この意味で筆者は、日本の国際標準化を、『アジアの成長を日本の成長へ取り込むソフトパワー』と定義したい。標準化ビジネスモデルはこの定義を機能させる手段だったのであり、知財マネージメントがビジネスモデルを支える。我々は、この定義の下で人工物の設計・製造と国際標準化や競争ルールの関係、および企業制度や組織能力の在り方に関する研究蓄積を急がなければならないが、詳細は稿を改めて論じたい。

参考文献

- 和泉 章(2009)「標準(スタンダード)のすべて」、財団法人 経済産業調査会
- 小川紘一(2006a)「DVDに見る日本企業の標準化事業戦略」、『国際競争とグローバル・スタンダード』、第一章、経済産業省 標準化経済性研究会編、日本規格協会。
- 小川紘一(2006b)「光ディスク産業の興隆と発展」、赤門マネージメント・レビュー、5巻3号、
- 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、No-184, 2007年11月
- 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深化メカニズム、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7巻2号(2008年2月)
- 小川紘一(2008b)、「我が国エレクトロニクス産業にみるプラットフォームの形成メカニズム」『赤門マネージメント・レビュー』、第7巻6号(2008年6月)
- 小川紘一(2009a)「製品アーキテクチャのダイナミズムとオープン国際分業の進展」、東京大学知的資産経営・総括寄付講座 デスカッション・ペーパー, No. 3, 2009年1月
- 小川紘一(2009b)「国際標準化と事業戦略ー日本型イノベーションとしての標準化ビジネスモデルー」、白桃書房、2009年
- 小川紘一(2009c)「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 デスカッション・ペーパー, No. 9, 2009年10月
- 小川紘一(2010)「我が国のイノベーションシステムと知財立国のジレンマ」『知財管理』VOL. 60 No. 3(No. 711), 2010年3月発刊に掲載予定
同じ内容が、東京大学知的資産経営・総括寄付講座 デスカッション・ペーパー, No. 15, 2010年3月15日に掲載予定
- 小川紘一、立本博文(2009)「欧州のイノベーション政策：欧州型オープン・イノベーションシステムの構築」、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 -281
- 新宅 純二郎・江藤 学 編(2008) コンセンサス標準戦略, 日経新聞社.
- 立本博文(2009)「国家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

立本 博文・小川 紘一・新宅 純二郎(2008)「技術の収益化のための国際標準化
コア技術管理」、日本知財学会誌, 第5巻第2号.

富田潤一、立本博文(2006), 「半導体産業の事例—300mm シリコン・ウエハ標準化インパクト」第2回 事業戦略と標準化シンポジウム: 経済産業省・経団連、2006年3月1日

富田純一、岡本博公(2007)「鉄鋼産業における戦略的標準化」、

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-177
ハンナ.R(2001)『見えざる手の反乱』和田一夫訳、有斐閣

西村吉雄(2004), 『改訂版 情報産業論』、日本放送出版協会

日本自動車研究所(2009)「自動車電子システムの海外動向調査報告書」、平成21年3月

根井雅弘(2007)『ケインズとシュンペータ』NTT出版

水野順子(2006)「日系進出企業とヨーロッパ系進出企業の技術移転と国際分業の違い」

アジ研ワールド・トレンド No.133(2006.10), pp.37-43

ミルグロム.P+ボバーツ.J(1997)『組織の経済学』奥野正寛、伊藤秀史、今井晴雄、西村理、
八木甫訳、NTT出版

宮田由紀夫(1997)「共同研究開発と産業政策」、勁草書房

宮田由紀夫(2009)「アメリカの産学官連携」、『ビジネス・イノベーションシステム』

土井教之編著、日本評論社の第7章

森嶋通夫(1988)『サッチャー時代のイギリス』、岩波新書

コース.R.H(1992)『企業・市場・法』、宮沢健一/後藤晃/藤垣芳文訳、東洋経済新報社、

ウイリアムソン.O.E(1980)『市場と企業組織』、浅沼満理、岩崎晃訳、日本評論社、

チャンドラー.A.D(1979)『経営者の時代』、上巻、下巻、鳥羽欣一郎/小林袈裟治訳、

東洋経済新報社

チャンドラー.A.D(1986)『アメリカ経営史』、丸山恵也訳、亜紀書房

チャンドラー、A.D(2004)『組織は戦略に従う』、有賀裕子訳、ダイヤモンド社

リチャード ワングロワ、ポール ロバートソン(2004)「企業制度の理論」、

谷口和弘訳、NTT出版

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

COM(2006) [Commission of the European Communities DGExternal Trade(2006)]
GlobalEurope Competing in the World - A Contribution to the EU' s Growth and Jobs
Strategy. (http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/october/tradoc_130376.pdf)