

IAM Discussion Paper Series #005

デジタルカメラとカメラ・モジュールに見る

日本企業の標準化ビジネスモデル

—日本型イノベーション・システムの再構築に向けて（４）—

**International Standardization and Business Model of
Digital Still Camera & Camera Module**
-Architecture-based Proposal for Japanese Innovation System（４）-

2009年6月

東京大学知的資産経営・総括寄付講座小川 祐一

Intellectual Asset-Based Management

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>

デジタルカメラとカメラ・モジュールに見る

日本企業の標準化ビジネスモデル

ー日本型イノベーション・システムの再構築に向けて(4)ー

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

要約

国際標準化の基本的な作用は、製品アーキテクチャをオープン環境でモジュラー型へ転換させることである。それぞれの国が得意技を発揮しながら協業するという比較優位の国際分業が、これによって加速される。標準化ビジネスモデルとは、比較優位の国際分業の中で、技術イノベーション成果を利益の源泉構築や市場支配力へ転換させるための仕掛け作りである。

本稿では、オープン環境の標準化の中であつても常に擦り合わせブラック・ボックス型のアーキテクチャを維持したデジタルカメラ、および標準化によって内部構造までモジュラー型へ転換したカメラ・モジュールを取り上げ、日本企業が採るべき国際標準化の在り方を実証的に論じた。いずれの場合でも付加価値はブラック・ボックス化された擦り合わせ型の技術セグメントに宿り、その外部インタフェース（外部仕様）だけをオープン標準化することが大量普及と高収益を同時に実現する基本ルールであつた。また先に国際標準化を主導することで初めて、オープン環境の勝ちパターンを手にすることが可能になり、独自イノベーションのための土俵作りが可能になることも明らかにした。

我々は、国際標準化がもたらす比較優位の分業構造や技術伝播/着床のメカニズムを冷静に理解し、そしてこれらを巧みに活用する経営ツールとしての標準化ビジネスモデルを、市場の前線に立つ事業部長の目線で理解しなければならない。イノベーションの成果をグローバル市場の経済的な価値へ転換する上で、国際標準化が極めて重要な役割を担うことは論をまたないが、標準化ビジネスモデルの視点を取り込むことによってはじめてその本質が明らかになるのではないか。

キーワード

デジタルカメラ、カメラモジュール、国際標準化、ビジネスモデル、製品アーキテクチャ、イノベーション・システム

目次

1. デジタルカメラ産業の興隆・発展と標準化活動の貢献
 - 1.1 デジタルカメラ産業の興隆と要素技術
 - 1.2 デジタルカメラの標準化活動
 - 1.3 製品アーキテクチャの視点から見たデジタルカメラの標準化活動

2. デジタルカメラに見る日本企業の標準化ビジネスモデル
 - 2.1 トータル・イノベーション・システムにおける国際標準化の位置づけ
 - 2.2 デジタルカメラの標準化ビジネスモデル
 - 2.2.1 独自イノベーションの土俵作りとしての国際標準化
 - 2.2.2 デジタルカメラの製品アーキテクチャと標準化ビジネスモデル
 - 2.3 デジタルカメラに見る日本型ビジネスモデル・イノベーション
 - 2.4 デジタルカメラは今後も安泰か

3. 携帯電話搭載カメラ・モジュールの製品アーキテクチャとビジネスモデル
 - 3.1 製品開発と標準化の経緯
 - 3.2 カメラ・モジュールの製品アーキテクチャと標準化ビジネスモデル
 - 3.3 カメラ・モジュールに見る日本型ビジネスモデル・イノベーション

参考文献

1. デジタルカメラ産業の興隆・発展と標準化活動の貢献¹

1.1 デジタルカメラ産業の興隆と要素技術

1970年代の後半から1980年代にかけて、静止画の電子記録に関する研究が進んだ。1981年にソニーからアナウンスされたマビカがその代表的な事例である。しかしながらマビカはアナログ型の記録方式だったためか市場に受け入れられることが無かった。写した写真の活用法が従来のフィルム・カメラから飛躍できなかったのである。

デジタル型電子カメラ(DSC: Digital Still Camera)の原型は1985年に東芝によって試作発表された。その後、東芝と富士写真フィルム(現在の富士フィルム)が静止画のデジタル記録に関して共同研究をスタートさせ、その成果が1989年と1990年に発売された。また1990年に東芝から発売されたMC200は世界初の市販用デジタルカメラである。²

現在のデジタルカメラを特徴づけるNAND型フラッシュ・メモリーやCCDセンサー、DCT処理およびJPEG画像圧縮などが、すでに当時から基幹技術と採用されていた。これら要素技術の多くは、いずれも日本企業による長期の研究開発投資によって生み出されたものであるが、たとえばNAND型フラッシュメモリーはデジタルカメラの興隆がなければ現在のような巨大市場を作るのが10年も遅れたであろう。

DCT(Discrete Cosine Transformation)はカラー・デジタルカメラで必須の技術であり、特にデジタルカメラのコスト低減に本質的な貢献をした。³ DCT技術が極めて重要だったのは、フーリエ変換の基本的な性質を利用しながら、DCTがCCDセンサーの実効的な歩留まり向上に多大な貢献をした点にある。このようにDCTという技術の採用によって実質的にCCDウエハーの欠陥を補正できることになり、技術的に最も困難だったCCDのコストを大幅に引き下げることができたのである。⁴

現在のようなデジタルカメラとなって市場で受け入れられたのは、1995年3月にカシオ計算機から出荷されたQV-10(64,800円)と1996年のQV10A(49,800円)からである。当

¹ DSCの開発史や標準化の経緯については大川元一氏の著作(「デジタル・スティルカメラの系統化帖佐: 国立科学博物館、2008)や大川氏本人および当時の富士写真フィルム社でDSCの開発に携わった大地成治氏に対するインタビューおよびキャノンのDSC開発関係者に対するインタビューによる。

² デジタル・カメラはデジカメやDSC(Digital Still Camera)という表現で普及しているが、本書はデジタルカメラで統一する。なお“デジカメ”は三洋電機によって商標登録されている。

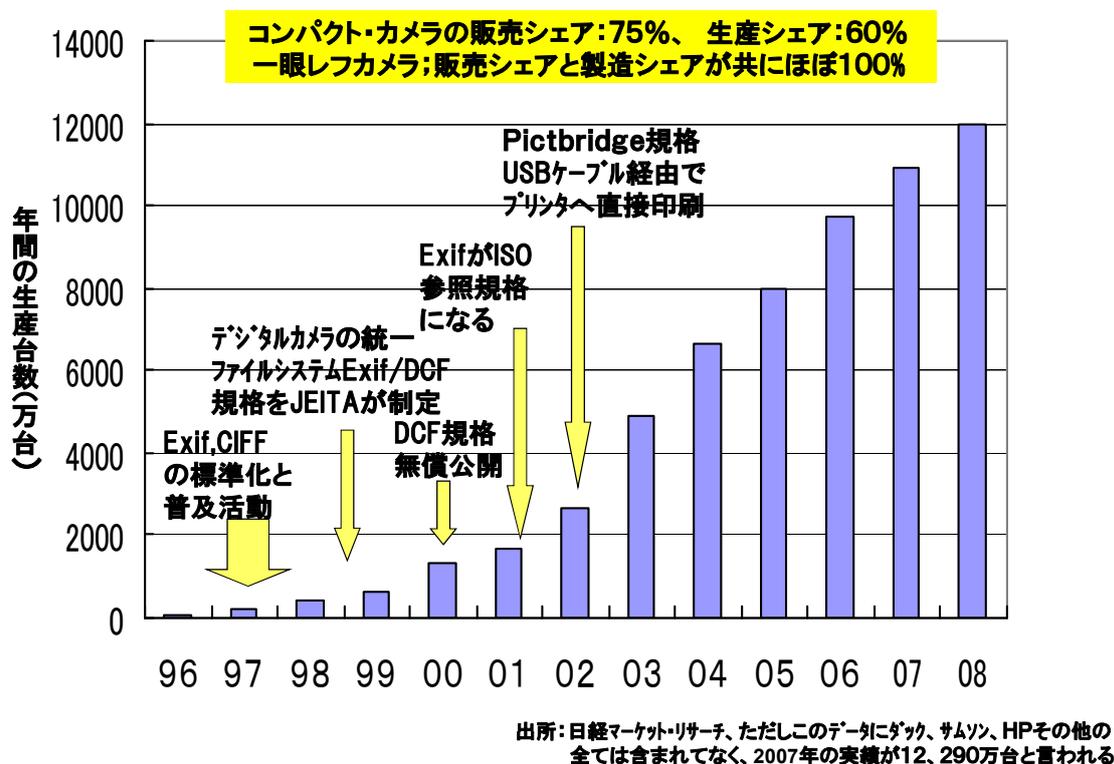
³ 大川(2008)。

⁴ 大川氏によれば、1994年ころのドイツはCCDセンサーの欠陥がウエファの直系の二乗に比例して製品にならない。したがってデジタルカメラの普及はあり得ないとしてデジタルカメラに否定的であった。そしてアグファ社が市場から消えた。アメリカのコダックも経営幹部がデジタルカメラに否定的だったという。日本企業は1990年代でも多くのイノベーションを起こしていたのである。しかしながら液晶やDVD、携帯電話のように、瞬時にモジュラー型へ転換するケースでこれがグローバル市場の競争力に繋がらなかっただけである。一方、デジタルカメラのように擦り合わせ型の製品では、技術イノベーションが間違いなくグローバル市場の競争力に直結している。我々はこれを製品アーキテクチャと組織能力の問題と捉えるべきである。

時の東芝や富士写真フィルムなどは 10 万円を切るのが早くて 2000 年ころだと予想していたので、これは大変な衝撃であった。さらに大きな飛躍は、テレビ環境ではなくパソコン環境にターゲットを絞った初めてのデジタルカメラだということである。事実ここには画像圧縮として、テレビではなくパソコンで使われる JPEG が採用されていた。⁵

デジカメの市場はここから急拡大し、2000 年には 1,500 万台弱、2007 年には年間 1 億台以上も出荷される巨大市場となった。その様子を、標準化の経緯と対比させながら図 1 で示した。

図1 デジタルカメラのファイル・システム標準化と市場拡大の推移



1. 2. デジタルカメラの標準化活動

デジタルカメラが世に出た 1990 年代の初期は、デジタル情報として写真を蓄積・再加工・保存するための共通プラットフォームが整ってなかったこともあり、写した写真を紙に印刷せずにデジタルカメラで見せ合う人や、何度も取り直して気に入った写真を手間隙かけ

⁵ ファイルフォーマットとして Exif/DSC の標準化が JEIDA では確立したのが 1998 年であるが、すでに 1995 年ころには JEIDA が Exif の標準化を終えていたので 1995 年発売の QV10 ですでに JPEG 圧縮をサポートした Exif が採用されていた。メモリー・カードのフォーマットや画像圧縮に関する標準化活動は、1988~1990 年ころの東芝と富士写真フィルムの技術発表や製品発表を契機に、ソニー、松下（現在のパナソニック）およびキャノンの 5 社が幹事となって各社へ呼びかけ、参加企業は 16 社になり、そして最終的には 25 社へと拡大した。互いのビジネスでライバルな関係にある 25 社が標準化に参加していたのである。

てパソコンに取り込み、これをハードディスクやMOディスク媒体へ保存するマニアックな人がユーザの中心であった。

また1995年以降になって写した画像を映し出す先がテレビからパソコンになっても、ユーザはデジタルカメラ・メーカーが指定する独自のファイルシステムをパソコンにインストールして写真データをパソコンで加工・蓄積していた。1997年には参入企業が20社を超えたにも関わらず、ファイル・フォーマットが標準化されていなかった。したがってカメラ・メーカーが違くとユーザは画像を共有できなかったのである。

デジカメ画像のデータ交換や共有を可能にするファイル・フォーマット（Exif: Exchangeable image file Format、スマートメディア用）が1997年4月と11月に富士写真フィルムを中心とするグループによって提案された。またほぼ類似の機能を有するファイル・フォーマット(CIFF: Camera Image File Format、コンパクト・フラッシュ・メモリー用)が同年12月にキャノンを中心にしたグループによって提案されたが、それぞれメモリー・カードの特徴を生かすために物理レイヤーまで取り込んだフォーマットであって互換性がなかった。それぞれのカメラ・メーカーが指定する画像処理ソフトウェアを常に必要としたのである。

このような事態を一変させたのは、1998年12月にJEIDAのExif/DCF規格(DCF: Design rule for Camera File system)として規格統一されたことであった。ExifとCIFFは、ともにパソコンOSのDOS-FATで動くファイル・フォーマットである。この2つの技術思想を取り込んだのがExif/DCF規格であった。画像を記録するフォーマットとしては富士写真フィルムのExifをベースにした新たなExifフォーマットが、また画像ファイルの規格としてのCIFFをベースにDCFが定められている。

Exifは、圧縮するかしないか、あるいはどこにどのように保存するかなどを、写した写真画像の1つ1つについて規定し処理する機能を持つ。一方DCFは、写した写真画像をパソコンへ保存するときのファイル名、メーカー名、あるいはプリンタで印刷する時の画質などに関する規約であり、デジタルカメラで写した画像データの内部ではなく画像をパソコン環境で保存・検索・印刷する際に必要な規約である。したがってDCFが標準化されるということは、カメラやプリンターとパソコン間で記録メディアを介しながら画像の相互利用が可能になることを意味した。JEIDA規格の普及によってどこの会社のカメラかを一切気にせず、どんなデジタルカメラであっても自由自在に保存・編集やインターネットによる送付・再生ができるようになり、これが共通プラットフォームとなって世界に広まったのである。

これらの一連の標準化をJEIDAの場で主導した大川元一氏によれば、ハードウェアとしての記録媒体(メモリー・カード)に依存するレイヤーと依存しないレイヤーとを峻別して標準化したことが成功の理由だったという。当時はもとより現在でも、ハードウェアこそが差別化領域と考えられていたためである。また大量普及する前に標準化が完成したことも成功の理由だったと言われる。すでに別のフォーマットを採用していた企業も、まだ

市場が小さい初期の段階だったので、フォーマット変更による被害が非常に少なかったからである。

しかし日本企業にとってそれと以上に決定的だったのは、独自のファイルフォーマット規格で精力的に動いたコダック方式を押しつけ、日本の JEIDA 規格をマイクロソフトへ採用させたことであろう。日本企業が世界のカメラ市場で圧倒的なシェアを持ってきた事実、および多数の日本企業がデジタルカメラの技術進化に深く関わっている事実を淡々と説くことで説得に成功したといわれる。

図 1 に示すように、その後 JEIDA で標準化された Exif/DCF は、2007 年 7 月になって世界中へ無償公開され、更に 2001 年には Exif が ISO12234-1 規格（参照規格）となって国際的に認知された。⁶ その翌年にはキャノンなどが中心になってプリンター・ドライバーの標準化、すなわち Pict-Bridge 規格ができあがり、USB ケーブルでプリンターにつながりだけでパソコンを経由せずにデジタルカメラ写真を印刷できるようになった。これらの標準化を推進していたのが全て日本企業だったので、その後の国際規格も日本の JEIDA 規格を参照しながら作られた。

以上のように、デジタルカメラは論理フォーマットやファイル・システムがオープン環境で国際標準化することではじめて、巨大なパソコンのインフラとリンクできた。また Pict-Bridge の標準化などによってパソコンを経由せずにデジカメ写真を印刷できるようになり、ここからはじめてユーザ資産として蓄積された巨大なプリンタ・インフラにデジタルカメラ側がリンクできた。

1.3 製品アーキテクチャの視点から見たデジタルカメラの標準化活動

デジタルカメラの外部インターフェースが巨大なインフラに向かって標準化されたということは、デジタルカメラが巨大なモジュール・クラスター型のインフラ（巨大なモジュラー型完成品システム）に引き寄せられ大量普及の軌道に乗ったことを意味する。摺り合わせ型の粋を極めたデジタルカメラという完成品ですら、外部インターフェースの標準化によってブラック・ボックスの状態を維持したままで、技術伝播/着床スピードが飛躍的に速くなる（瞬時に大量する）完全モジュールへと転換されたのである。これを製品アーキテクチャの視点から表現すれば、ハードディスクの場合と同じように“外モジュラー・中擦

⁶ 正式には ISO 規格ではなく、ISO 参照規格となっている。当時は、ISO 規格になって大量普及後に知財権を主張しながら多額のロイヤリティーを請求する事例、すなわちホールド・アップ問題が少なからぬアメリカ・ベンチャー企業から引き起こされていた。これに対抗するために ISO 規格ではなく ISO 参照規格と位置づけている。我が国の某社が持つ組織能力から生まれた知財戦略への知恵がここに埋め込まれている。また ISO 規格にしないことによって、デジタル・カメラに関する全ての技術体系を持つ日本企業が自らの戦略で技術開発の方向づけしたい、という思惑もあったという。携帯電話にカメラモジュールが年間 7 億台も搭載されるようになった現在、国際標準をめぐる多様な活動が海外で多くなったが、ここに日本企業の積極的な参加はない。これらの問題を我々はどのように考えればよいのだろうか。

り合せ”の完全モジュール構造に転換された、と言ってよいだろう。⁷

外部インタフェースが標準化されたということは、同時にデジタルカメラそれ自身の技術革新がユーザ・メリットに直結し易くなり、機能・性能競争やコスト競争がそのまま市場拡大に繋がることも意味する。図3に示すように、Exif/DCF規格が無償公開された2000年、およびISO参照規格となった2001年ころから、デジタルカメラ市場が国内中心から世界中心へとシフトし、2003年には海外市場が全体の80%になった。その後、出荷台数の伸びはほとんど海外市場であり、2007年の海外市場シェアが90%を超えた。その背景にあったのは、カメラで写す人が自由自在に保存・編集ができて、そしてインターネットによる送付再生ができる世界共通プラットフォームとしてのExif/DCFがあったためである。

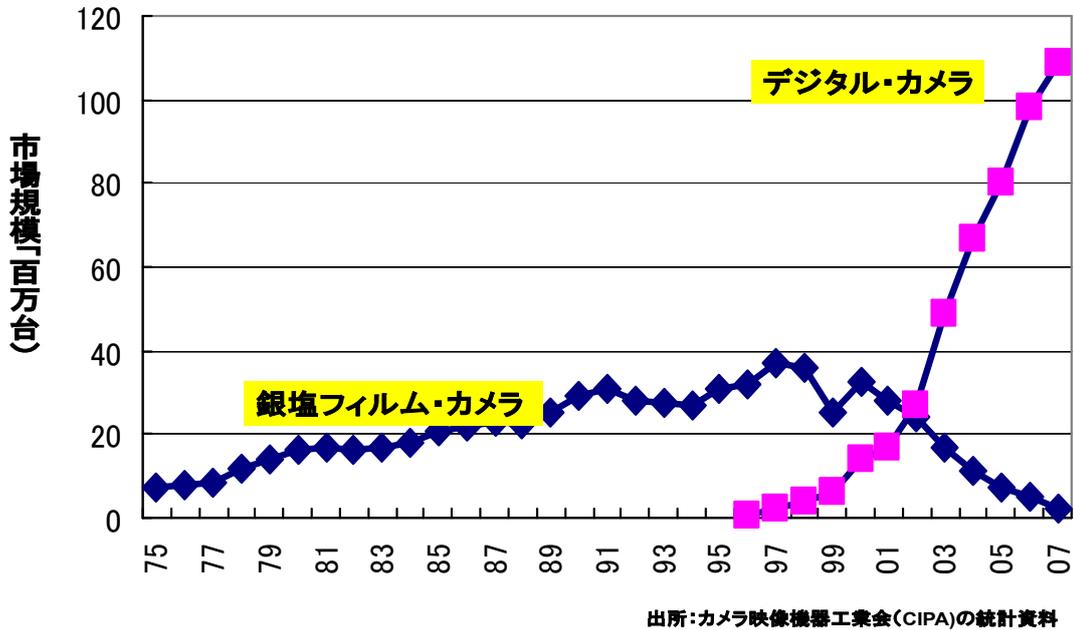
これが国際標準化によって生み出されるグローバル市場の活性化である。事実、図3に示すExif/CIFFやExif.DCFの標準化経緯と市場拡大トレンドを見ると、外部インタフェースが標準化された後の画素数競争というデジタルカメラそれ自身のテクノロジー・イノベーションが、そのまま市場拡大に繋がっている。このメカニズムはインテルによるプラットフォーム構築(小川、2008b)の効果と同じである。

図2に銀塩フィル方式のアナログ式カメラとデジタルカメラの市場トレンドを示すが、銀塩フィル方式は50年もの歳月を経て年間3,700万台の市場になった。一方、デジタルカメラは製品が世に出て6年目に3,000万台へ近づき、10年後の2006年には年間1億台を超えた。

外部仕様さえ標準化されていれば誰もが独立して技術イノベーションに参加できる市場環境、すなわち製品それ自身の技術イノベーションとオープン環境への大量普及が同時に進行する市場環境もデジタルカメラの外部インタフェースを標準化することによって同時に生まれた。これは3.5インチのハードディスクで観察されたのと同じ経営環境の到来を意味し、またパソコンに見るUSBインタフェースのケース、さらにはSDメモリー・カードのSDインタフェースなど、多種多様な事例でも例外なく、同じ経営環境の到来が観察される。大量普及のメカニズムは、製品を越え、時代を越え、国を超えて同じ原理が支配していたのである。

⁷ 同じ“外モジュラー・中擦り合わせ”のアーキテクチャ特性であっても、デジタルカメラで日本企業が圧倒的な競争力を持つに到ったのは、“外モジュラー化”によって結合される相手側がコンシューマ市場にいる一般ユーザ側のパソコンやプリンターであり、デジタルカメラ側がビジネスを主導できる完全オープン環境であったためである。一方、ハードディスクの場合は、“外モジュラー化”で結合する相手がインテルによって独占・支配されたプラットフォームであり、ハードディスク側が常に隷属的な立場に位置取りされていたためである。

図2 デジタルカメラと銀塩フィルム・カメラの市場トレンド



2. デジタルカメラに見る日本企業の標準化ビジネスモデル

ここでは、まずイノベーション・システムについて概観し、デジタルカメラやカメラ・モジュールの事例を紹介しながらトータル・イノベーション・システムの中の標準化ビジネスモデルを位置づけたい。いずれの場合でも、付加価値はブラック・ボックス化された擦り合わせ型の技術セグメントに宿り、擦り合わせ型セグメントの外部インターフェース（外部仕様）だけをオープン標準化しながら大量普及と高収益を同時に実現させていた。この意味で、もし対象となる製品が基本的に擦り合わせ型を維持できるのであれば、国際標準化は日本/日本企業が生み出すイノベーションの成果をグローバル市場の経済的な価値へ転換する上で極めて紛れもなく重要な役割を担っていたのである。

2.1 日本のトータル・イノベーション・システムにおける国際標準化の位置づけ

イノベーションを製品アーキテクチャや標準化ビジネスモデルの視点で論じようとした動機は、日本のエレクトロニクス産業のほとんど全ての分野で研究開発投資が企業の営業利益に寄与していない、という事実が10年以上も続いているためであった。⁸ イノベーションに関する古典的・牧歌的なリニア・モデルはもとより、顧客とインタラクティブな協業を介する市場協創型の最新モデルさえ企業の国際競争力に寄与しなくなった。

企業の収益や国際競争力に貢献するプロダクト・イノベーションは、研究開発投資や

⁸ 小川(2009b)の第一章を参照のこと。

科学技術の蓄積といったサプライ・サイド側の要因に左右される、と 1980 年代まで言われ続けた。いわゆる古典的なリニア・モデル信仰であり、1945 年 10 月に提出されたブッシュ・レポートから現在の我が国の科学技術白書や NEDO ロードマップに至るまで、その基本思想が連綿と引き継がれている。

その後、単純なリニア・モデルを否定する数多くのモデルが提案された。フィード・バック型のモデルや市場協創型がその代表的なモデルである。しかしこれらはいずれも、潜在的ニーズを引き出し、グローバル市場に新たな需要を切り開く商品を開発すれば必ず企業収益に貢献する、という期待が暗黙の内に仮定された主張でもあった。したがってプロダクト・イノベーションを論じる視点は、まず顧客や市場を良く観察しながら市場を発見し、顧客とのインタラクティブな協業を介して大量普及する商品を開発する点に特徴を持つ。

しかしながら DVD や CD-R/RW、CD-ROM では、日本企業が国際標準化を主導しても、大量普及の兆しが見えた時点で例外なく市場撤退への道を歩んだ。過去 15 年以上に渡って観察された我が国企業の姿を、既存のイノベーション・モデルで説明するのは不可能である。

もうひとつの代表的なモデルとして “一つの工程の技術が突出することによって不均衡が生じ、これを解消するために他の工程の技術が進歩し、またそこで新たな突出が生まれる” というネイザン・ローゼンバーグのイノベーション論もある(米倉、1999)。いわゆる突出したイノベーションによって技術連鎖に不均衡が生じると、不均衡が解消されるようにその周辺で新たなイノベーションが起きるという説である。これは自社やグループ内に閉じたサプライ・チェーンのリニア・モデル、あるいは特定の工程の中に閉じたリニア・モデルに近い。

確かに 21 世紀の現在でも、擦り合わせ型アーキテクチャを持つデジタルカメラのケースでは、CCD や CMOS でテクノロジー・イノベーションが起きた時、他の基幹部品の全てでこれに連動したテクノロジー・イノベーションが同時に起きないと、デジタルカメラとしての商品が成立しない。すなわち伝統的なローゼンバーグのイノベーション論は、デジカメのように部品の相互依存性が強い擦り合わせ型の製品なら 21 世紀の現在でも立派に通用する。

しかしながら 21 世紀を特徴づけるオープン標準化やデジタル・ネットワーク型、すなわちモジュラー型のアーキテクチャを持つ製品では、技術の不均衡を解消することなくそのまま放置しながら単独でイノベーションを起こすケースが至るところで観察される。その背後にはネットワーク外部性とイノベーション行為とを共存させるための仕組み、そしてオープン・インタフェースで完全分離する周辺機器をイノベーションと価格競争の同時進行に追い込む深遠なビジネスモデルが横たわっている。技術の不均衡を放置する代表的な仕組みとして、インテルの Chipset における South Bridge や North Bridge のコンセプト

トが挙げられるであろう。⁹ この意味でローゼンバーグのイノベーション論を 21 世紀の標準化ビジネスモデルへそのままリンクさせることはできない。¹⁰ 製品のアーキテクチャ特製によって区別しながら使い分けなければならなくなったのである。

今回取り上げる携帯電話用のカメラ・モジュールも、オープン標準化によってカメラ・モジュールそれぞれが独立した技術モジュールへ分解されている。インテルの Chipset ほど完全独立ではないものの、インタフェースさえ守ればモジュール内部で単独のイノベーションを起こせる技術体系となっている。そしてここでも、テクノロジー・イノベーションとすぎましい価格競争とが、ともに同時進行する経営環境になっていた。

そこで本章では、デジタルカメラおよび携帯電話へ内蔵されるデジタルカメラ・モジュールを比較しながら、日本企業が生み出すテクノロジーやプロダクト側ノイノベーションの成果をグローバル市場の競争力に結び付ける経営ツールとしての標準化ビジネスモデルを考えてみたい。本章の事例から明らかなように、1990 年代の日本企業は伝統的な統合型企業であるが故に独自の技術イノベーションを数多く生み出し、そしてこれをグローバル市場へ大量普及させながら競争力を維持拡大しようとした。しかしながら液晶や DVD、携帯電話のように、瞬時にモジュラー型へ転換するケースでこれがグローバル市場の競争力に繋がらなただけである。例えばカメラ・モジュールのようにオープン環境で内部構造までモジュラー型へ転換させる標準化なら、たとえ技術イノベーションが次々におきても日本企業の競争力に直結し難い。

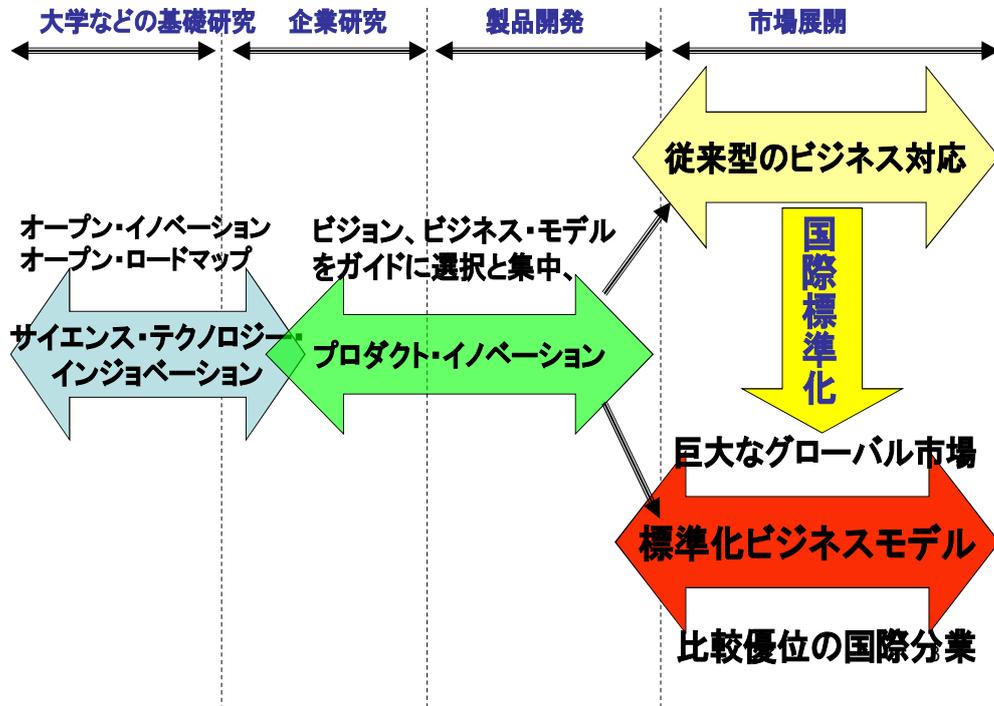
一方、たとえ国際標準化が経営ツールとして取り込まれても、デジタルカメラのようにその内部構造は擦り合わせ型アーキテクチャが維持されるような標準化であれば、技術イノベーションが間違いなくグローバル市場の競争力に直結している。すなわち、もし標準化ビジネスモデルが経営ツールとして正しく活用され、内部構造を擦り合わせブラック・ボックス型に維持したままで普及/着床スピードを加速させるような国際標準化であれば、標準化は間違いなく日本企業のイノベーション成果をグローバル市場の競争力へ転換できる。そしてテクノロジー側のイノベーション成果をグローバル市場の支配力や利益の源泉構築へ直結させる 21 世紀型のリニア・モデルが確かに成立する。

日本のトータル・イノベーション・システムで国際標準化とビジネスモデルがどのように位置づけられるかを、**図 3** に要約した。製品アーキテクチャ・ベースの標準化ビジネスモデルは、リニア・モデルを人為的・強制的に作り出す政策ツールでありそして企業の経営ツールである。筆者が国際標準化とビジネスモデルを考える枠組みとして製品アーキテクチャの視点を一貫して貫く背景がここにあった。

⁹ 小川 (2009a) の第二章を参照のこと。

¹⁰ この詳細は別稿に譲る。また本稿では触れないが、長期にわたって擦り合わせ型の製品アーキテクチャが維持され、技術拡散が非常に遅い産業構造では、クリステンセンのイノベーターズ・ディレンマさえも見直しが迫られる。クリステンセンの理論を我が国企業に应用する前に、自社製品のアーキテクチャのダイナミズムに関する深い洞察が必要である (小川, 2007 の 6 章)。

図3 トータル・イノベーション・システムにおける
標準化ビジネスモデルの位置づけ



2. 2 デジタルカメラの標準化ビジネスモデル

2. 2. 1 独自イノベーションの土俵作りとしての国際標準化

デジタルカメラ関連の標準化で、ファイルシステム以外で特に注目すべき点は、デジタルカメラそれ自身の技術イノベーションをカメラ業界が主導できるような、いわゆるビジネス土俵作りを狙って国際標準化を進めた点にある。初期のデジタルカメラではテレビの1フィールドを一つずつ取り込む方式が採用されていたが、1995年ころに規格が定まったExif規格を制定するプロセスでは、¹¹ デジタルカメラの心臓部であるCCDセンサーの素子（画素の縦と横の比（アスペクト比）を強制的に1：1へ変えた。¹² カメラ業界側は家電メーカーの強い反対を押し切ってこれを実現させたという。ここからデジタルカメラの普及環境がテレビからパソコンに変わったのである。

画素のアスペクト比が1：1になるのはパソコンなどのIT産業で当たり前であったが、テレビなどの映像中心の産業では、走査線の数（縦）と周波数（横）でアスペクト比

¹¹ExifがDCF規格の中で統一されたのは1998年だがその基本構造はすでに1995年には完成して使われていた。

¹²その後のDSCやカメラ・モジュールが4:3、11:9、5:4など、色々なアスペクト比のイメージ・フォーマットを使うようになったが、いずれも独自のテクノロジー・イノベーションで一貫している。

が決められるので 1 : 1 ではない。デジタルカメラの Exif/DCF 規格を議論するとき、カメラ業界が非常に強い意思を持ってアスペクト比を 1 : 1 にしたということは、デジタルカメラ技術の中核となる CCD の規格をテレビなどが築き上げた技術体系と切り離し、互いの相互依存性を断ち切ったことを意味する。これによってはじめて日本のカメラ業界は、映像技術に対する既存の国際規約に拘束されることがなく、自らの意志で自由自在に技術イノベーションを進められるようになった。自らの事業戦略だけで CCD の画素数を次々に増やすイノベーションを起こし、これによってデジタルカメラの製品アーキテクチャを常に摺り合せ型へ引き戻すことができた、と言い換えてもよい。

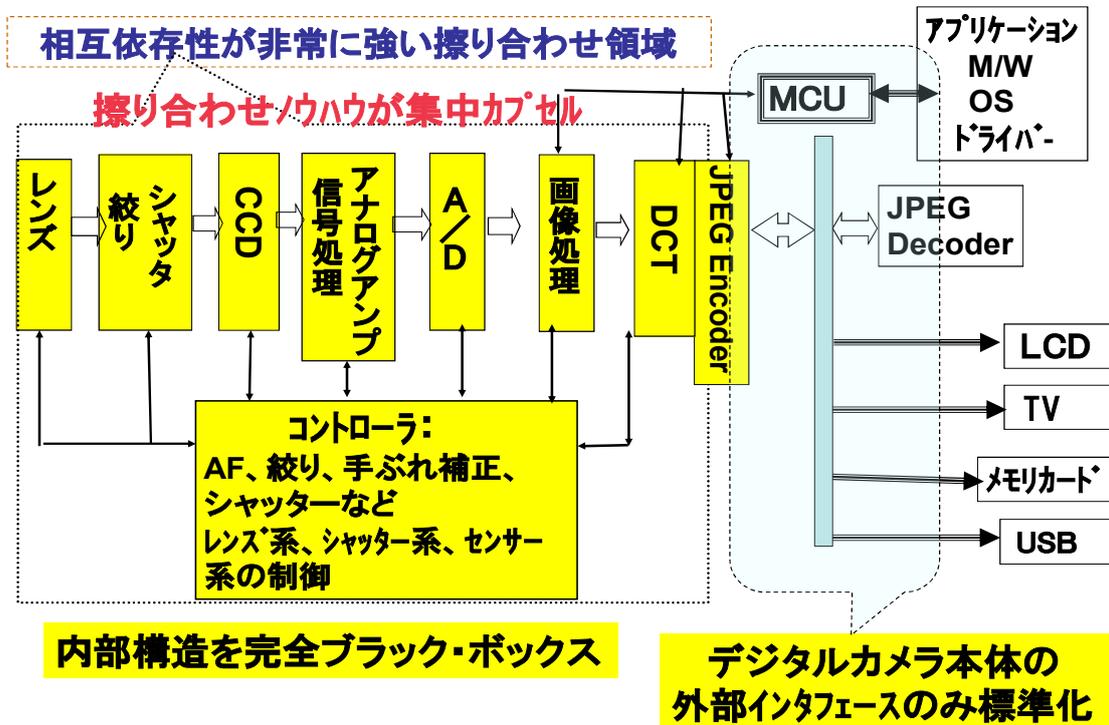
先に述べたように、デジタルカメラという擦り合わせ型製品の内部イノベーションは、確かにローゼンバーグのイノベーション論が適用できる。しかし上記の事例のようにオープンなデジタル・インタフェースで結合された場合はローゼンバーグのモデルと別の世界になり、パソコンやプリンター側と全く独立に起きるデジカメ側のプロダクト・イノベーションが、そのまま市場拡大へ直結させることができる。言い換えれば、部品の相互依存性が強いデジタルカメラの内部では確かにローゼンバーグの理論が成立しているが、他に制約されることが無くデジタルカメラの内部で独自に技術イノベーションを起こすには、外部環境と完全に切り離すことが必要である。その手段としてオープン国際標準化が活用されたのである。あるいは、我が国企業の組織能力をそのまま国際競争力へ直結させる経営環境がここから出来上がった、と言い換えてもよい。

日本のデジタルカメラ業界は、オープン環境の国際標準を使いながら、ビジネス上の主導権の全てを自ら握る仕組み作りをしてきた。彼らは強い意志をもって、経営ツールとして標準化活動を位置づけたのである。デジタルカメラ業界の事例は、自らビジネスの主導権を握る仕組み作り国際標準を積極的に活用したできた代表的な事例ではないか。

2.2.2 デジタルカメラの製品アーキテクチャと標準化ビジネスモデル

図 4 にデジタルカメラの内部構造を模式的に示すが、典型的な擦り合わせ型のアーキテクチャとなっている。例えば CCD の画素数を 200 万から 400 万にレベル・アップすると、CCD 素子のセル・サイズが非常に小さくなるのでこれに対応したレンズを再設計して解像度を上げ、シャッター速度も再設計しなければならない。また 1 つの CCD 素子に当たる光量が激減するので感度補償のために画像処理 DSP のファームウェアを大幅改造しなければならない。さらにはレンズの解像度アップに伴うレンズ外周部の光学的な歪も、画像エンジンとしての DSP のファームウェア側で補償しなければならない。さらには CCD 素子が微細化するので欠陥が多くなり、これを補正するために DCT と連動させた画素補間の為の高速計算用ファームウェアも修正しなければならないなど、CCD の画素数アップが期待する画質を引き出すためには、デジタルカメラを構成する基幹技術を何度も摺り合せながら全て再設計しなければならないのである。

図4 製品アーキテクチャの視点で見たデジタルカメラの内部構造



パソコンのようなモジュラー型製品では、例えばハードディスクを10倍容量のものに交換しても、OSやMPU、ディスプレイなど他の重要部品を再設計する必要は全くない。むしろハードディスクの容量アップによってパソコンとしての機能が高くなる。基幹部品のそれぞれがオープン・インターフェースを介して相互依存性が排除されているためである。

しかしながら内部構造が摺り合わせ型のデジカメでは、画素数の変更に合わせて全ての基幹部品を再設計しないと画質が大幅に劣化し、製品として成立しない。乗用車などと同じように、基幹部品の相互依存性が非常に強いためである。この意味でデジタルカメラの製品アーキテクチャは典型的な摺り合わせ型である。したがって技術の全体系が一括して流通しないかぎりキャッチアップ型の国々がデジタルカメラ市場に参入することは非常に困難である。大量普及がはじまって10年後の2007年でも、我が国企業の製造シェアが65%という圧倒的なシェアを持っている理由がここにあった。一段と高い画質や芸術性まで要求される一眼レフのデジタルカメラでは、さらに擦り合わせの徹底が必要であり、日本企業はグローバル市場で圧倒的な競争力を維持している。

日本のエレクトロニクス産業は多くの製品分野で苦境に立たされているが、デジタルカメラは例外中の例外となった。少なくとも2007年までの決算発表で、多くの企業がデジタルカメラによって業績を維持あるいは拡大できた、と発表している。例えばオープン環境で標準化されても摺り合わせ型アーキテクチャを長期にわたって維持できるので、国際競争力と大量普及が同時に実現されるからである。上記に述べたアーキテクチャ特性や独自イ

ノベーションの土俵作りとしての国際標準化、ならびに国際標準化による大量普及などを勘案すると、デジタルカメラの国際標準化は、日本企業の組織能力が最も力を発揮し易い標準化ビジネスモデルであった。その様子を図5に整理した。

基幹部品の相互依存性が非常に強い超擦り合わせ型のブラック・ボックス構造を維持しながら普及（伝播/着床）スピードを飛躍的に拡大する手段として、国際標準化が多用されている。そして標準化はあくまでもブラック・ボックスの外部インターフェースだけであり、このインターフェースはすべて巨大なユーザ資産であるパソコンやプリンター、テレビ、メモリー・カードとデジタルカメラを直結させるものであった。

ユーザ資産に向けて外部インターフェースだけを標準化することによって、デジタルカメラそれ自身の技術イノベーションがユーザ・メリットに直結し易くなり、機能・性能競争やコスト競争がそのまま市場拡大に繋がった。外部仕様/外部インターフェースさえ標準化されていれば誰もが独立して技術イノベーションに参加できる市場環境、すなわち製品それ自身の技術イノベーションとオープン環境への大量普及が同時に進行する市場環境が、標準化によって作り出されたのである。たとえ国際標準化されても擦り合わせ型ブラック・ボックス領域が維持される構造になっているという意味で、日本企業の組織能力がそのままグローバル市場の競争力に直結する標準化ビジネスモデルであった。

図5 デジタルカメラの標準化ビジネス・モデル
—日本企業の組織能力が最も生きる仕組み作り—



2.3 デジタルカメラに見る日本型ビジネスモデル・イノベーション

どんな製品でも、低コストで大量生産するには工場で単純組み立てができるように製品

の内部アーキテクチャがモジュラー型へ転換されていなければならない。これが自社あるいはグループ内のクローズド環境だけでモジュラー型へ転換されている場合は、基幹部品がオープン市場へ流通することは無い。したがって NIES/BRICs 諸国の企業がこれを見れば、ブラック・ボックス的な垂直統合型に見える。しかしながら徐々にコスト競争が激しくなれると、開発途上国の自社工場で量産したり台湾企業への委託生産（ODM/OEM 調達）へ切り替える。そして海外で生産はしてもその販売はグローバル市場にブランドと販売チャネルを持つ日本企業であった。

これはいわゆる 1960 年代のバーノンが見たプロダクト・ライフサイクルの視点による先進工業国と開発途上国との間の技術移転の姿と同じであり、デジタルカメラのような擦り合わせ型の製品アーキテクチャを持つなら、バーノンが 1960 年代に想定したモデルは確かに成立する。¹³

しかしながら当時の日本には 20 社に近い企業が市場参入しており、多くの企業が同じように中国、フィリピン、タイの自社工場で量産し、また台湾企業から OEM/ODM 調達するので価格競争の激化はいつまでも続く。¹⁴ このような経営環境においても、依然として高い利益率を維持・拡大し続けた企業群を分析すると、**図 6** に示すビジネスモデルが徹底的に追求されていた。結論を先取りすれば、機能・品質や性能を重視する日本市場を道場にし、日本市場で磨いた技を順次グローバル市場へ展開するというビジネスモデルが採られていたのである。

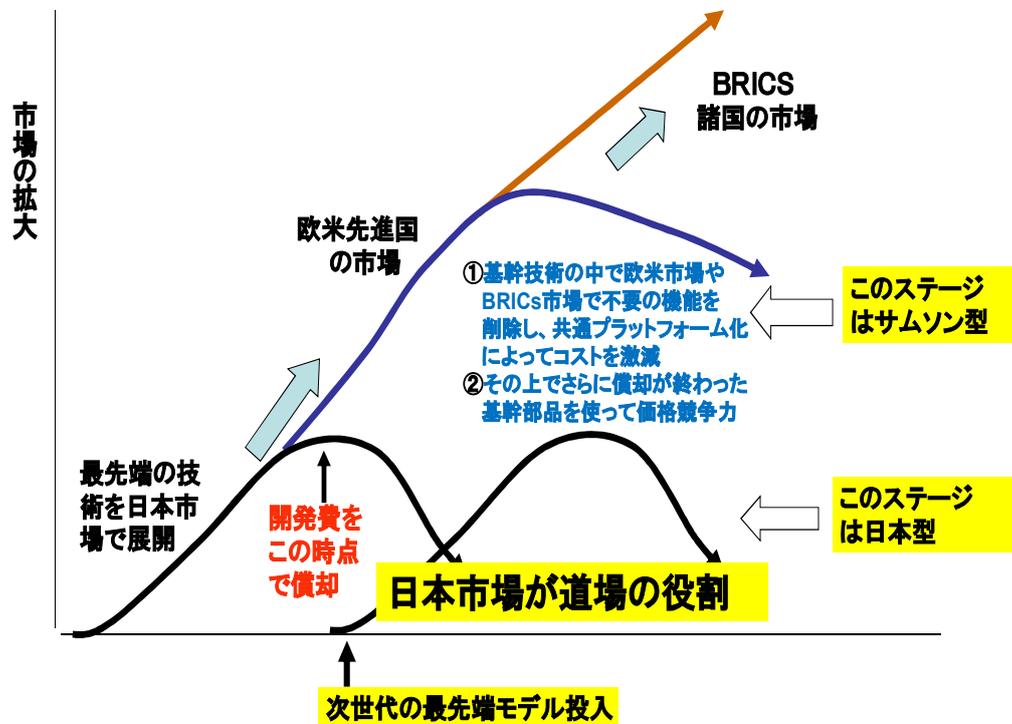
ここで留意すべき第一の点は、開発投資を必ず日本市場だけで回収し、設備償却が終わるタイミングから海外市場へ展開する戦略である。第二の点は海外のターゲット市場に合わせて外観をデザインし直し、また日本市場の差別化技術であっても欧米市場や BRICs 市場で必須でない機能・性能は削除しながらコストを徹底して追求する姿勢であった。多種多様なデザインと市場に合わせた品質を考慮し、試作金型による少量多品種を極めて短時間に、しかも低コストで一括投入することも取り込まれたという。そして第三の点はグローバル市場のブランド力と強力なサプライチェーンを徹底して活用する点にあった。¹⁵

¹³モジュラー型のアーキテクチャを持つ製品ではバーノンのモデルが成立せず、全く別の技術伝播が起きるが、その詳細は別稿に譲りたい。

¹⁴大川(2008)によれば、このような海外に生産拠点を求めなかったデジタルカメラ・メーカーは価格競争に耐えられず市場撤退したという。

¹⁵ここに示した3つの留意点の背後にある基本思想は、日本の自動車産業のそれと同じである。

図6 コモディティ化するステージからビジネスモデルを切り替える
—プロダクト・ライフサイクルで日本型からサムソン型への切り替え—



これによって開発費用の大きい基幹部品（例えば画像エンジンとファームウェアなど）や CCD/CMOS やレンズ/シャッターなどを、最後の最後までしゃぶり尽くすことを可能にしている。このようにデジタルカメラのビジネスで成功した多くの企業は、従来の日本企業と異なり、海外市場で高い利益を上げるビジネスモデルを作り上げていた。¹⁶

図6に示すように、日本市場を徹底して道場と見なしたのであり、海外市場へ展開する場合は擦り合わせ型の技術が蓄積された基幹部品はコストアップにならないように機能・性能を削除して使い、完成品としてのデジタルカメラのユーザ・インタフェース側だけを再設計（Re-Design）していたのである。これを言い換えれば、日本市場は機能・性能・品質を追求することで自社の組織能力がそのまま生きるビジネスモデルを守り、海外市場ではサムソン型の Re-Design ビジネスモデルに切り替えていたことになる。¹⁷

¹⁶ここではフルセット垂直統合型に近い完成品メーカーを念頭ににしたビジネス・モデルを紹介している。これ以外に三洋電機などに見る OEM/ODM サプライヤーが作り上げた高度なモデルも代表的な日本型ビジネスモデルである。デジカメという擦り合わせ型製品で、パソコン産業におけるインテルのビジネスモデルをデジカメの業界で担える可能性があるのが三洋電機ではないか。

¹⁷Re-Design という表現は東京大学ものづくり経営研究センターの特任研究員で、サムソン電子の経営幹部を10年以上も勤めた吉川良三氏が命名した設計概念である。吉川氏の許可を得て本稿で使わせて頂いている。吉川氏によれば、サムソンにとって新規の要素技術を外部から調達しこれを使って完成品を作り、圧倒的なブランド力と CAD システムを使いこなす Re-Design の組織能力、そして強力なサプライ・チェーンによってグローバル市場の勝ちパターンを構築している。

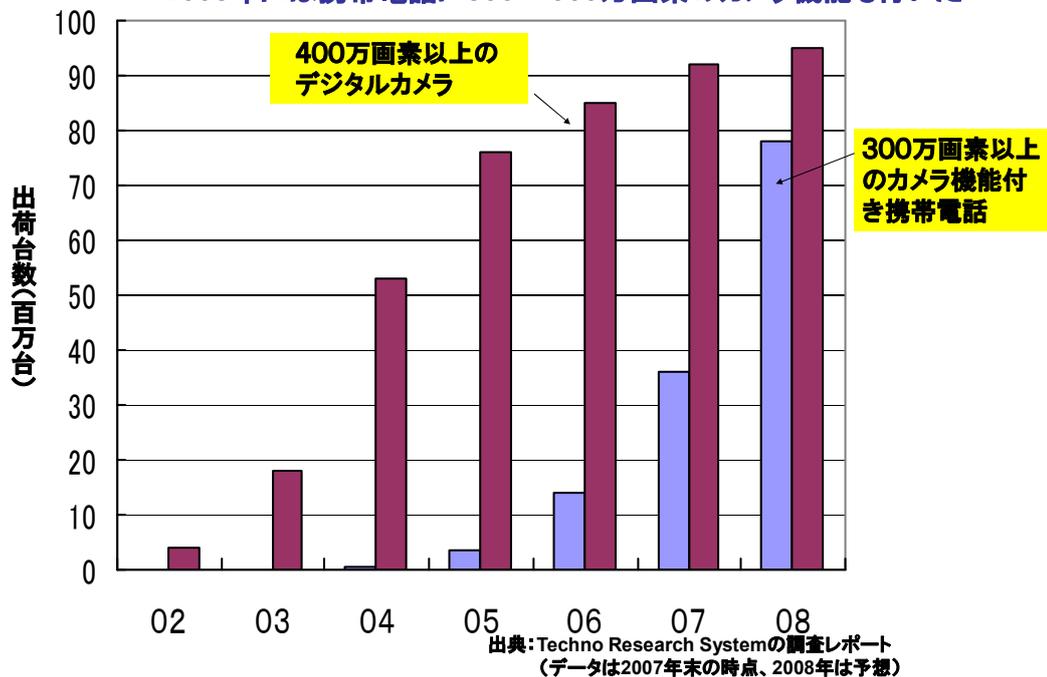
2.4 デジタルカメラは今後も安泰か

個々の企業が担う国際標準化とは、自社が生み出す技術イノベーションの成果をグローバル市場の競争力に転換させる仕掛けづくりを担う経営ツールであり、企業収益に直結させる事業戦略そのものでなければならない。そして製品アーキテクチャの視点に立った標準化ビジネスモデルとは、圧倒的な技術力（戦力）というより、むしろ戦わずして勝つ仕掛け作りであった。

しかしながら日本企業が担うデジタルカメラは、今後も全体に安泰であろうか。カメラ機能付きの携帯電話に2008年に5億台を遙かに超えた。2005年ころまで、300万画素や400万画素ならフィルム写真と区別が付かないとまで言われていた。しかし図7に示すトレンドから見て、300万画素を越えるカメラ機能付きの携帯電話が2009年に間違いなくデジタルカメラの出荷台数を越える。デジタルカメラの画素数も次々に多くなって600万画素を超えて1000万画素を超える機種まで売り出された。しかしながら携帯電話でも、2008年になると手ぶれ補正はもとより800万画素や1000万画素のカメラ機能まで搭載されるようになった。

図7 カメラ付き携帯電話とデジタルカメラの市場推移

- ・300万画素以上のカメラ付き携帯電話が急増
- ・2008年には携帯電話に800~1000万画素のカメラ機能も付いた



サムソンは、技術力というより、むしろオープン・イノベーションと垂直統合モデルを巧みに組み合わせた独創的なビジネスモデルによってグローバル市場を席卷したのではないかと。

デジタルカメラで圧倒的な技術力と市場シェアを持つ日本企業は、このような経営環境に直面しているのである。更に言えば、もしデジタルカメラの技術イノベーションが止まるか、あるいは過度の画素数競争がユーザの要求を超えるイノベーション・ディレンマに直面すると、デジタルカメラのビジネスモデルが変わってしまうと考える方が自然ではないだろうか。パソコン、携帯電話、DVD、自転車などがこのような経営環境に立った時に共通して見られたのは、擦り合せ型のブラック・ボックス領域を Turn-Key-Solution としてオープン市場に流通させ、技術蓄積の少ない NIES/BRICS 諸国の企業をパートナーにする、というインテル型の標準化ビジネスモデルの興隆であった。

図4に示すデジタルカメラの中の“擦り合せ型領域”がであってもインテル型が起きないという保証はないが、開発途上国のデザインハウスや販売チャネルと連携が必須という意味で、台湾などブランドの無い OEM/ODM サプライヤーが対応し易い。しかしデジタルカメラはエンド・ユーザをターゲットにしたブランド主導のビジネスなので、サムソン型の Re-Design モデルが今後ますます威力を発揮するであろう。トイカメラと呼ばれる画素数の少ないデジタルカメラでは、サムソンがすでに大躍進している。確かにデジタルカメラのビジネスを担う多くの日本企業は、携帯電話でデジタルカメラを使うユーザが増えればその一部が高級デジカメを欲しくなるので携帯電話がデジタルカメラ市場と共存すると主張する。そして日本企業が圧倒的な競争優位を持つ一眼レフカメラに期待をかけている。

例えば暗がりやで写せるような高感度化、あるいは静止画の JPEG 画像を連写することで動画機能を持たせるなど、更に擦り合わせ統合化を追及する日本企業の市場シェアを維持しようとしているのである。現在の延長で CCD や CMOS センサーの画素数をあげながら差別化する戦略だけでは、例え一眼レフであっても 2012 年ころに市場が飽和するので、擦り合わせ型の技術イノベーションで 2017~2020 年まで優位性を持たせようと多くの日本企業が技術開発へ取り組んでいる。

しかしながらこれは、アーキテクチャが擦り合わせ型の製品領域だけでしか日本企業が勝てないと言っているのと同じである。あるいは現在の組織能力を変えられないと言っているのと同じである。やはりデジタルカメラという日本企業が誇る製品であっても、現在の組織能力で BRICS 市場のボリューム・ゾーンを狙うことができないのであろうか。

サムソンは、日本企業と連携することによって超擦り合わせ型の一眼レフ・デジタルカメラでも市場シェアを伸ばしはじめた。サムソンは過去 15 年にわたってこの独創的なビジネスモデルを組織能力の中に定着させている。特に日本企業が注目すべき点は、典型的な擦り合わせ型だったはずのカラー・プリンターやカラー複合機で、2006 年から急速に市場シェアを伸ばし、ヒューレット・パッカートのシェアを超えるまで躍進した事実である。

2008 の第二四半期で見たサムソンのカラー・プリンターシェアは日本を除くアジア地区で 60% を超え、数年前まで 70% を超えていたヒューレット・パッカートのシェアがついに 20% 以下になってしまった。そしてその背後にいるキャノンの牙城も切り崩されようとしているのである。枯れた技術の白黒型ではなく、最新のカラー技術で Re-Design

を追及しはじめた背景には、一眼レフ・デジタルカメラに対するサムソンの取り組みと同じビジネスモデルが潜んでいる。日本企業は図 5 の左上から一歩前に踏み出し、特にグローバル市場でブランド力が生きる Re-Design 型を強化する以外に活路を見いだせないのではないか。

3. 携帯電話搭載カメラ・モジュールの製品アーキテクチャとビジネスモデル

3.1 製品開発と標準化の経緯

デジタルカメラ機能の付いた携帯電話は、2000 年 11 月に世界で初めてシャープから出荷された (J-SH04)。¹⁸ 当時はわずか 11 万画素の CMOS が採用されていたが、2002 年 3 月出荷の J-SH51 は 31 万画素の CMOS になり、世界で初めて携帯電話に動画機能が付いた。2003 年 5 月の J-SH53 では CCD を用いて画素が 100 万を超え、12 月に 200 万画素になった。更に 2005 年 6 月には手振れ補正機能さえ付き、2006 年 4 月には光学 2 倍ズーム付きの 320 万画素が、また 11 月には更に 500 万画素となって数年前の最先端デジタルカメラに近い画素数を持つまでに至った。¹⁹ ユーザが追いかけるられない一歩先ではなく、常に半歩先を歩んで市場拡大をリードしている。技術から見た性能・機能の追及ではなく、ユーザから見た機能・性能を技術力で実現させる商品企画の徹底、と言い換えられるであろう。

ドコモのムーバを開発させてもらえなかったシャープは、1996 年から J フォン・グループで細々と携帯電話ビジネスをしていた。1999 年 12 月に STN 方式のカラー液晶付き携帯電話 (J-SH02) を出荷したが、このカラー・モニターの用途を更に拡大するための新しい応用分野を 1999 年 12 月から徹底議論しはじめた。ここから生まれたのが本格的なデジタルカメラ機能付き携帯電話だったのである。当初は携帯電話による画像伝送というアイデアもあったようだが議論が全く盛り上がりず、デジタルカメラ専用の機能に行き着いたという。

当時のドコモ内部にも一部でデジタルカメラ機能を本格的に搭載する案もあったが、時期尚早と判断されたようだ。ドコモ・グループの携帯電話メーカーは、この判断によっていずれもシャープから市場シェアを奪われてしまった。²⁰ デジカメ機能付き携帯電話を世界で初めて世に送ったシャープは、当初売り上げ 50 億円でスタートした事業部が 2006 年に 100 倍の 5,000 億円へと急拡大している。プロダクト・イノベーションが企業収益に直結した典型的な事例ではないか。

¹⁸ 大川(2008)の4章、4-7-7節によれば、携帯電話にカメラ機能を付けたものがすでに1999年の時点で京セラが製造していたという(VP-210, 11万画素)。しかしテレビ電話用として使うことが目的であり普及しなかった。その他NTTドコモもカメラ機能付きの携帯電話が試験的に発売されたが普及しなかった。

¹⁹ 当時の携帯電話業界は国際標準化したDCFファイルフォーマットをデジタルカメラ業界に申し入れ、その採用を認められている。

²⁰ シャープはカメラ付き携帯電話を開発することによって漸くドコモの市場へ入ることができた。最初の製品が2002年のSH251であり、2003年のSH505iSから本格的に参入できている。

シャープには多様な技術を内部に持つ統合型の企業である。一般に日本企業の多くは、垂直統型の組織であることを標榜する。しかしその多くは特定のビジネス・セグメントに特化・集中する独立した事業部門の集合体でありコングロマリット型であり、互いに協業しながらシナジー効果を発揮することが困難になっている。サムソンが持つ構造調整本部のようなスタッフ集団を、日本企業のいずれも持っていない。

一方、シャープは、自ら偉大なる中小企業と自称するように、トップを交えて毎月開催される全体会議で、事業戦略・損益はもとより事業部の人数までチェックされるという。技術や人材を抱え込むセクショナリズムの排除と事業部相互の協業とを、トップ・ダウンで強制する自浄作用が、常に機能している。自分の部門の都合・利益だけを守る姿勢を見せると、その人はすぐ別の仕事へ移動させられた。“商品には付加価値を与えて差別化する”という、シャープ歴代のトップが守ってきた文化を具体化するには、異なる事業部門の協業による持続的なイノベーションの創発を、組織能力として定着させる必要があったのである。²¹ デジカメ機能付きの携帯電話の場合も、デバイス部門（CMOS など）、液晶部門、カメラ部門および携帯電話部門の協業によって生まれた。

海外でも少なからぬ企業が携帯電話にカメラ機能を搭載するアイデアを考えていた。その代表的な事例がノキアである。内部に基礎技術・部品技術を全く持たないノキアは、既に1997年ころから、例えばコダックなどのような技術力のあるカメラ・メーカーへ共同開発の提案をしている。しかし当時のノキアでも、カメラ機能よりむしろ携帯電話の基本機能を生かすことがまず念頭にあったようで、携帯電話の通信機能を使って写真を送るコンセプトが優先されていたという。この機能を付与することによってノキアを核にした巨大 Value Chain を生み出せば、ノキアに新たな付加価値をもたす、と判断していたようだ。²²

基幹部品・基礎技術を自社の内部に持つ統合型企業のシャープは、ほぼ単独で短期間に商品化することができた。携帯電話という非常に狭い空間へカメラ機能を搭載するための、擦り合わせ開発能力を内部に持っていたためである。いわゆる1940年代のシュンペータ的なイノベーションの成功事例をここに見ることができる。

一方、内部に擦り合わせ開発能力を持たないノキアは、当時でさえ既に数100人におよぶハイレベルのスタッフをR&D部門に抱え、携帯電話に搭載する超小型・超薄型のカメラ・モジュール開発に必要な技術を、世界中の企業や研究機関から探しまわっていた。例えば我が国の代表的な研究機関であるNEDOや産業技術総合研究所の技術を、オートフォーカス用のアクチュエータとして注目していたようである。ノキアにとってオープン・イノベーションの徹底が死活問題だった。

戦後からフルセット垂直統合型の組織能力で幾多の勝ちパターンを構築してきた日本企業にとって、技術とは自ら開発するものであった。一方、基幹技術の体系を自国に持たないフィンランドのノキアにとって、技術とは探し出すものであり、技術を持つ企業をパ

²¹ その代表的な事例を金バッチ制に見ることができる。

²² デジタルカメラは電波法の規制によって無線による画像伝送ができなかった。

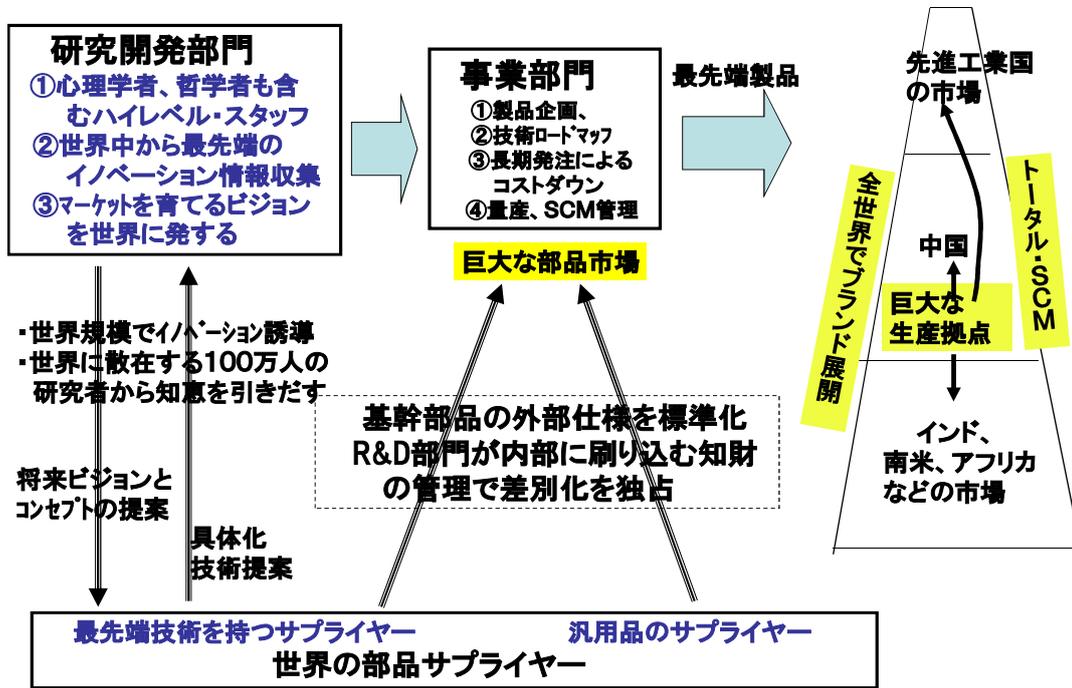
パートナーにすることであった。ノキアは世界の隅々で起きるテクノロジー・イノベーションの成果を自社製品へモジュールとして結合させることで、携帯電話というプロダクト側のイノベーションを次々に起こしてきた。これ以外に手が無かったのである。ノキアがオープン・イノベーションを繰り返し唱える背景がここにあった。²³

図8にノキアのプロダクト・イノベーション・システムを模式的に示す。²⁴ 当時のノキアのR&D部門は、カメラ・モジュールの基本機能と形状・サイズを決め、パートナー開発の方向付けをするグローバル・コンサルタントの役割を担っていたのである。IBMが唱えるGlobal Technology OutlookやP&Gが唱えるGlobal Virtual Laboratoryと類似の思想が徹底して活用されていることも、ここから理解されるであろう。このようなプロダクト・イノベーションのあり方は、現在のノキアでも変わっていない。

²³ なおノキアのようなプロダクト・イノベーションのあり方は、1978年から1982年にソニーがCDプレイヤーを開発したときに採った手法と似ている（小川、2006、の5章）。CDプレイヤーを商品化するには、超精密光学部品、マイクロ・アクチュエータ、高速半導体デバイス、アナログ信号処理、エラー検出・修正、プラスチック基板成型、超精密原盤など、多種多様な技術体系が必要であったが、当時のソニーはこれらの技術の一部しか持っていなかった。したがって技術力のある企業に声をかけて共同開発せざるを得なかったのである。この意味で1980年前後のソニーと1990年代後半のノキアとで、プロダクト・イノベーションのマネージメントに大きな差は見られない。強いて言えばソニーのケースがクローズド(Closed)企業間分業であり、ノキアの場合は開発のステージこそクローズドだが、製品化後はオープン環境の企業間・国際分業になっている。低コスト・大量・安定調達にはオープン国際分業が必須だが、1980年ころのソニーは日本国内に閉じた擬似オープンな企業間分業であった。なお、このようなクローズド・モデルを資本関係のある関連会社との分業へと展開したのがトヨタなどに代表される日本の自動車産業である。この時点でアメリカの自動車メーカーは、完全なフルセット垂直統合型であった。日本企業の方が分業型だったのである。

²⁴ ノキアの組織は常に進化しているので、ここでは模式的に一つの断面を捉えて図9を作った。ノキアは1990年代の前半から中期にかけてソニーなど、我が国エレクトロニクス・ケミカルの製品開発プロセスや品質管理、海外工場の管理・運営やサプライ・チェーンなどを徹底して調査しながら自社の組織構造を変え続けてきた。2000年代の初期にはトヨタやそのグループ会社などを含む我が国の自動車産業へ専門家を派遣し、ここでも開発プロセス、品質管理、工程管理(TPS)、サプライチェーンなどを調査し、これを自社の組織改革に活用している。例えば共通技術を担当するプラットフォーム組織と商品開発を担う事業部門とをマトリックスで巧みに組み合わせる組織構造は、その基本思想がトヨタのそれに良く似ていると言われる。またサプライヤーに対して技術指導しながら調達コストを下げるトヨタ方式をそのまま応用し、台湾企業を育てながら日本企業と競わせることまでやれるようになった。しかしこれは、ビジネスとして当然の行為である。

図8 ノキアに見るオープン・イノベーション・システム



3.2 カメラ・モジュールの製品アーキテクチャと標準化ビジネスモデル

シャープは携帯電話に付加価値をつけて差別化する手段として、また新しいユーザを自社へ引き寄せる手段として、携帯電話にカメラ機能をつけた。そして少なくとも日本という機能・性能を重視する市場で大成功させた。ノキアも狙いは同じであったが、基幹部品を全く持たないノキアにとって、カメラ・モジュールを低コストで大量に調達することが最優先である。それには標準化を活用したオープン化を徹底させ、サプライチェーンをできるだけ細分化させ、細分化されたそれぞれのセグメントでサプライヤーが互いに競争する環境を、グローバル市場で作らなければならない。その上で更にオープン環境のサプライヤーを携帯電話の内部から常にコントロールできるような標準化にしなければならない。

初期のころのカメラ・モジュールは、携帯電話メーカーが独自の仕様で調達していたのでカスタマイズが多く、モジュールのサプライヤーにとって大量生産やコスト低減が困難な状態に置かれた。このような状況の中で唯一東芝が、2002年ころからVRP ModuleのForm Factor(外形寸法・形状)やコネクタ形状などを提案していた。この中で、例えばForm Factor-6と称する6.0x6.0x4.2mmサイズは、VGA Moduleとして現在でもSub Camera側のデファクト標準になっている。

モジュール・サプライヤー側がForm Factorの標準化を推進した最大の目的は、カメラ・

モジュールの低コスト・大量生産にあり、その中でも特にコスト比率の高いレンズの標準化にあった。モジュールのサイズが決まれば共通レンズを使った設計が可能になり、複数のサプライヤーから低コストでレンズを調達できるようになるためである。²⁵ ノキアはノキアの立場で、そしてカメラ・モジュール・サプライヤーはサプライヤーの立場で、それぞれ低コスト調達するためにオープン標準化を活用していたことになる。

カメラ機能付きの携帯電話が 2003 年で既に 1 億台を超えた。携帯電話の 30% (年間 2 億台) にカメラ・モジュール搭載が確実視された 2004 年の 9 月に、ノキアと ST マイクロが SMIA 規格と称するカメラ・モジュールのオープン規格を発表した。²⁶ これは東芝などが推進した Form Factor に近いサイズではあるものの微妙に異なり、ノキアのデファクト規格になっている。

SMIA 規格は、当初 CMOS センサーに強い ST マイクロ社からノキアへ提案されたものであり、その目的は東芝などと同じようにカメラ・モジュールの低コスト・大量生産にあった。しかしながらその後のノキアはこの規格を巧みに自社のビジネスモデルへ取り込み、低コスト安定調達的手段として標準化を活用した。低コストで調達したカメラ・モジュールを高級機から中級機へ、そして低価格帯の携帯電話へも搭載させることによって、携帯電話が持つ役割を一変させてしまったのである。これが携帯電話の新たなユーザー層を作り出して市場拡大に寄与したのはいうまでもない。

2007 年にはカメラ付き携帯電話が全体の 65% を越えた。銀塩カメラに近い画質といわれる 300 万画素を超えるものさえ、2007 年に 4,000 万台となった。これは銀塩カメラが作った最大の販売台数 (3,600 万台/年) を既に越えている。

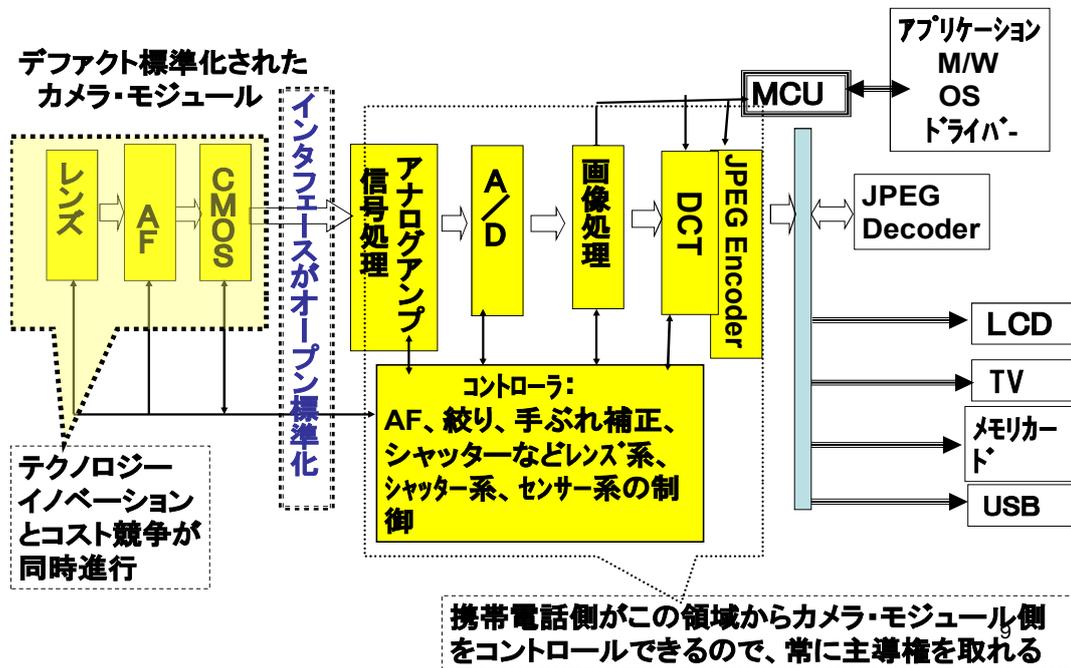
以上のように、携帯電話用のカメラ・モジュールは Form Factor 系の規格と SMIA 規格 (ノキア中心) に 2 分され、その内部構造も時代とともに変化してきた。従って製品アーキテクチャを固定的に捉えるのは困難だが、敢えてこれを **図 8** で模式的に示した。²⁷ **図 4** のデジタルカメラと対比させることを優先して描いたので、必ずしも細部で事実を反映させていないケースもあるが、標準化ビジネスモデルという視点で見た **図 9** の持つ意味は次の 2 点に大きな特徴がある。

²⁵ 以上は、中條(2008)の 3 章 [3] - 5

²⁶ SMIA は Standard Mobile Imaging Architecture の略

²⁷ **図 9** に示すカメラ・モジュールの構造は、機種によってまた製造法によっても異なる。例えば (レンズ 4 枚など、複数個のレンズ) + (レンズ・ホルダー) + (偏芯調整レンズ用の枠) + (3 個のストッパー) などからなるケースもある。オートフォーカスと表現した機能にはシャッターや絞りなどのアクチュエータも含む。全てを記載できないので代表的な事項のみ記載した。

図9 携帯電話に搭載されるカメラ機能とモジュールの標準化レイヤー



まず第一に挙げなければならないのは、付加価値が集中カプセルされた画像処理機能とコントローラ機能を携帯電話側に取り込んだことである。これによってカメラとしての機能・性能はもとより、画質などの付加価値をすべて携帯電話メーカーが支配できるようになった。ノキアのように、一切の部品技術を持たず、全てを調達しなければならない携帯電話メーカーにとって、このような標準化レイヤーの切り方がビジネスモデルとして極めて重要な意味を持つ。例えば複数のサプライヤーを競争させて調達する場合は、カメラ・モジュールの性能に微妙な違いが出やすい。しかしながらこの場合でも、携帯電話側に囲い込まれたファームウェアで画像補正パラメータを少しだけ変更すれば、問題なく使うことができる。多数のサプライチェーンに分断されたカメラ・モジュールのサプライヤーを常に競わせてコントロール仕掛けが、このようにして完成したのである。

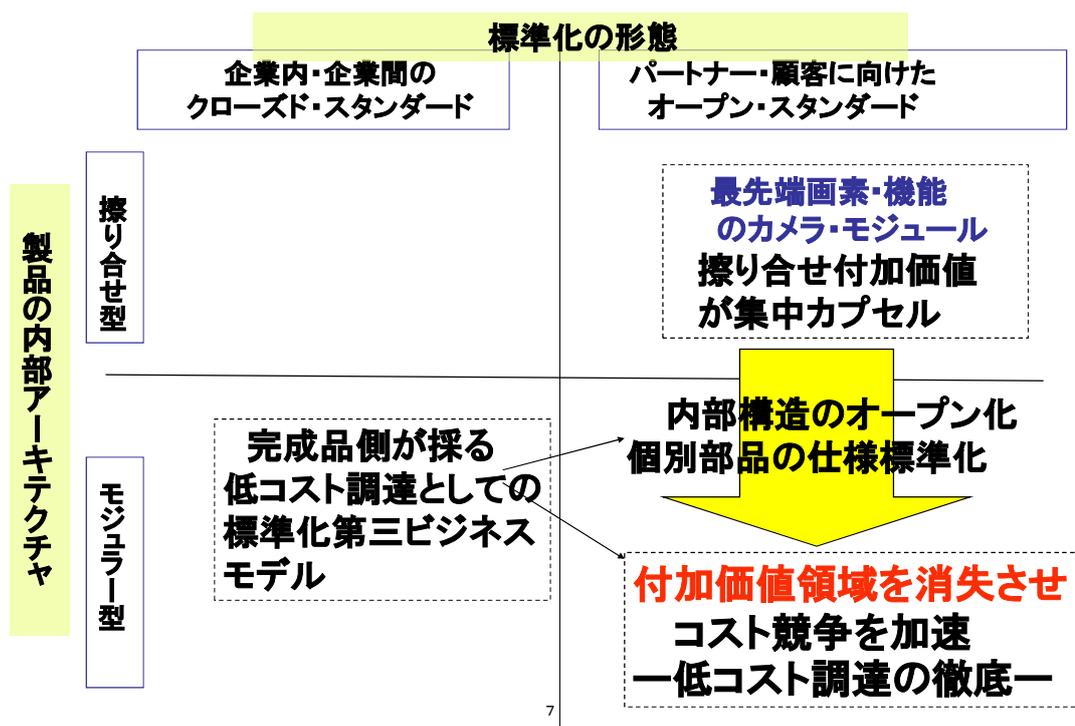
第二に挙げなければならないのは、カメラ・モジュール・サプライヤー側のビジネスモデルが一変したことである。言うまでもなくこれは携帯電話メーカーと逆の方向へ一変したのであり、テクノロジー・イノベーションとコスト競争とを常に強要される経営環境に置かれてしまった。しかしながら図9のように、オープン・インタフェースが設定されることによって、カメラ・モジュール内部のテクノロジー・イノベーションや製造プロセス・イノベーションが、携帯電話メーカーの指示を受けず独自に主導することも可能になる。そして巨大市場の広がりに伴って分散するエンド・ユーザ層のいずれかのセグメントに、それぞれの企業が得意技を持ち寄って棲み分けることも可能になる。

第一と第二の留意点を標準化ビジネスモデルの視点で整理したのが図10である。ノキ

アのように、完全モジュラー型のアーキテクチャへ転換した巨大市場で圧倒的なシェアを持つ企業は、市場支配力の源泉が携帯端末というよりむしろ上位レイヤーの基幹ネットワーク側にある。このようなケースでは、基幹部品を自社内で内製することが必ずしも必要で無い。むしろできるだけ部品サプライヤーを競争させながら低コスト調達すればよい。あるいは、基幹ネットワークを持たずに携帯端末だけのビジネスに特化した競合企業を差別化するために、完成品としての携帯端末側に付加価値が残らないビジネス環境を人為的に作り出せばよい。基幹ネットワーク・システムが持つ力を背景に持てば、ブランド力や販売チャネル、サプライ・チェーン・マネジメントで差別化できるからである。

このような背景から生まれたのが、低コスト安定調達のための標準化ビジネスモデルだが、ノキアの SMIA 規格はまさに低コスト調達を目的にしたビジネスモデルになっていることも、図 10 から理解されるであろう。

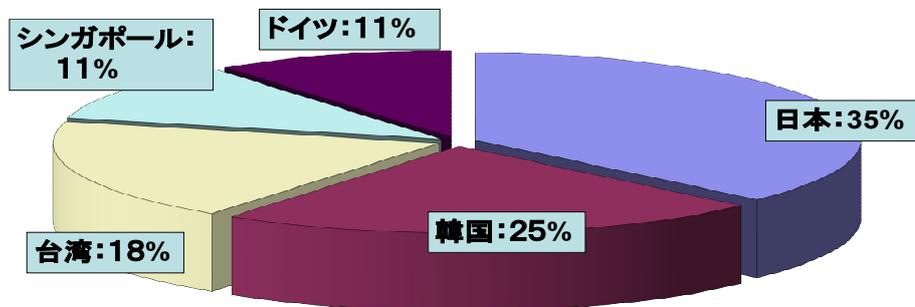
図 10 携帯電話メーカーが部品サプライヤーに対して採る低コスト調達のための標準化ビジネスモデル



2006 年の時点に見るカメラモジュールの国別市場シェアを図 11 に示した。日本、韓国、台湾、シンガポールが非常にバランス良く市場を分け合っているのがここから理解されるであろう。世界の携帯端末メーカーはそれぞれの国の比較優位を巧みに使い分けながら低コスト・安定調達しているのである。

図11 携帯電話用カメラ・モジュールの国別

2006年の時点



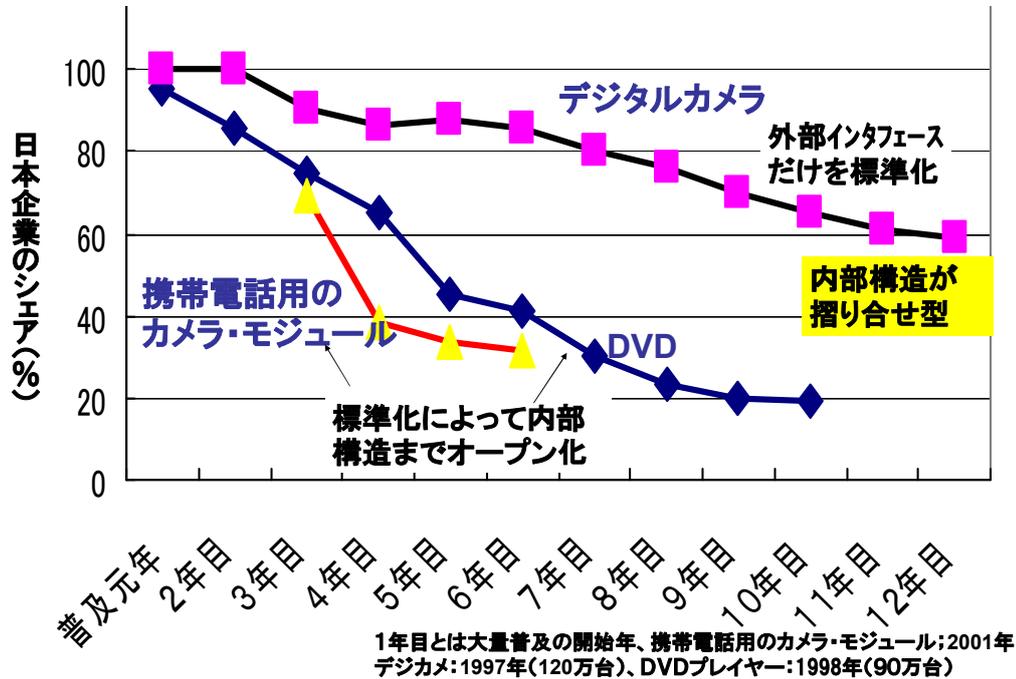
出典: Techno Research Systemの調査レポート(2006年末の時点)

図12には日本企業がカメラ・モジュールで市場シェアを落としてきたトレンドについて、デジタルカメラのそれと比較して示した。参考のためにDVDプレーヤーのケースも示した。図12から明らかなように、製品の外部インターフェースだけをオープン標準化し、内部構造は常に擦り合わせブラック・ボックス型へ引き戻し続けたデジタルカメラでは、日本企業の組織の能力がグローバル市場の競争力に直結した。大量普及して10年以上を経た現在でも我が国企業が圧倒的な市場シェアを維持できている。

一方、携帯端末メーカーが主導権を取って標準化するレイヤーを決めたケース、すなわち強制的にオープン化レイヤーを決められたカメラ・モジュールのケースでは、大量普及の兆しが見えた直後から日本企業の市場シェアが下がり続けている。その下落トレンドは、同じくオープン標準化によって巨大な国際分業構造が出来上がったDVDプレーヤーの場合と全く同じであった。そしてまたこのトレンドは、1980年第のIBMがパソコン市場でシェアを急落させるトレンドとも同じであった。

以上のように、オープン環境の標準化は間違いなくグローバル市場の競争のルールを一変させる。これまで何度か繰り返したが、標準化とは事業戦略そのものなのであり、市場の前線に立つ経営者が自ら主導することのないオープン標準化では、技術イノベーションの成果を瞬時に失う事例が数多く観察されたのも、厳然たる事実であった。

図12 大量普及が始まった後に見る日本企業の市場シェア推移
 —製品内部のアーキテクチャで大きく異なる—



3.3 カメラ・モジュールに見る日本型ビジネスモデル・イノベーション

携帯電話にカメラ機能を世界で初めて搭載したのがシャープであり、その背景に統合型企業が持つ強みを最大限に発揮できる組織能力があったことは先に述べた。シャープがカメラ・モジュールの外販を本格的に始めたのは少し後になってからだが、2003年には既に1,570万台の規模を誇り（但し全世界の17%）、松下電器グループの1,520万台を引き離してトップ・シェアを維持していた。2007年には出荷台数が1億台を超えたが、世界市場のシェアは12%強である。

シャープの幹部に対するインタビューによれば、あくまでもブランドを付けて売る携帯電話へ新たな付加価値を付け、差別化することを目的にカメラ機能が開発されたという。世界シェアの80%以上を独占するインテルやクアルコムのChipsetビジネスのように、あるいは三洋電機の光ピックアップ（世界シェアの42%）のように、基幹部品に付加価値を集中カプセルさせて業界のプラットフォーム・リーダーになる考えは、当時のシャープに微塵も無かったようだ。当然のことながらシャープ自らカメラ・モジュールのオープン標準化を仕掛けた形跡は無い。これが我が国企業の代表的な事例であるが、製品アーキテクチャが刷り合わせ型を維持している範囲では正しい選択であった。

カメラ・モジュールのオープン製品を既に2002年ころから積極的に仕掛けるなど、徹底したオープン化戦略を推進してきた日本企業は、東芝セミコンダクター社であった（中

條、2008)。東芝は2007年のシェアが12.23%になり、我が国でトップのシャープへ肉薄するまでになった。しかしながら我々が注目すべきは、そのビジネスモデルにある。

東芝カメラ・モジュール部門は、決して技術開発の実務に手を染めない。基幹部品の大部分を我が国の部品・材料メーカと連携しながら開発・製造するビジネスモデルを徹底させている。カメラ・モジュールの基幹材料や基幹部品を自主開発することのない東芝が持つ力の源泉は、部品単体や部材単体のメーカでは対応困難な巨大市場への販売チャンネルと人脈およびサプライチェーンであり、その上で更にテクノロジーや製造プロセスのイノベーションの方向を常に東芝側がロードマップをオープン化して主導するという、業界リーダーシップにある。

カメラ・モジュールで最も重視されるのがコストとサイズ（特に高さ・厚さ）にあるが、コストの大部分を占めるレンズの枚数を、例えば従来の4枚から2枚に減らす非球面レンズの採用、キャストイング・レンズの製法、CMOSと基板をウエハー上で一体化させる製造、マイクロ・プリント基板ハンダ工程のリフロー化による量産の完全自動化、などを次々に考え出し、そしてこれらを組み合わせた合わせた小型・薄型のカメラ・モジュールを携帯電話メーカ側へ次々に提案してきた。この意味で設計・製造の実務集団というよりも、むしろ優れた技術を持つ企業同士を結び付けてカメラ・モジュールを商品化する“コーディネート集団”、と言えるであろう。

次世代カメラ・モジュールの基本コンセプトを考え、これを実現できる多種多様な企業を結びつけてもの造りをするという東芝のビジネスモデルは、一見すると我が国企業では例外的なモデルに思えるかもしれない。確かにこのモデルは、内部に部品技術を持たずに外部調達するがそのロードマップと基本仕様だけは常に主導する、というノキアのビジネスモデルと基本思想が同じである。しかしながらこれは、注23で述べたように、1980年前後のソニーがCDプレイヤーの開発で採ったモデルと基本思想が同じだったのである。

東芝が早い段階からカメラ・モジュールの標準化を主張していた背景にノキアと類似の明快なビジネスモデルを持っていた事実、そしてこれが一見して擦り合わせ型に見えるプロセス型の部品で具体化されていた事実の発見は驚きでもあった。ノキアも東芝も同じモデルで勝ちパターンを構築していたのである。グローバル市場の勝ちパターンには、時空を越えて同じ原理が働いていると考えざるを得ない。

東芝のカメラ・モジュール部門は、常に次世代に向けた方向付けをした。実力のある日本の材料メーカや部品メーカは、それぞれ得意技を駆使しながら次世代技術として東芝が示す方向のカメラ・モジュールをすべて具現化させた。これらはいずれも、日本企業の組織能力を生しながら擦り合わせ協業を最大限に発揮させることで、初めて開発できる超小型・超薄型、複合型の部品・材料であった。したがって決してカタログには乗らない。また技術拡散のスピードが極めて遅いので、日本企業の優位性を長期にわたって維持できる。

日本は、広い分野にわたって高度な部品・材料の技術体系とその製造技術を全て国内に持つという、世界で稀な製造大国である。高度な技術集団の創意・工夫を、上位レイヤーか

らトップダウンで引き出すコーディネーション企業が今後ドンドン生まれれば、我が国の潜在能力をグローバル市場の競争力へ直結させる可能性が更に大きく広がる。その事例を東芝のカメラ・モジュールに見出すことが出来た。東芝は携帯端末メーカーが仕掛ける標準化モデルの中で、実はオープン・イノベーションと低コスト調達という2つの目的を同時実現させていたのである。²⁸

参考文献

- 大川元一(2008)「デジタル・スチルカメラの技術発展の系統化調査」
『平成19年度 技術の系統化調査報告』 国立科学博物館
- 小川紘一(2006)、「光ディスク産業の興隆と発展」『赤門マネジメント・レビュー』、Vol.5 no.3, pp97-170, 2006年3月
- 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(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」『赤門マネジメント・レビュー』、Vol.7, no.2, pp83-127, 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」『赤門マネジメント・レビュー』、Vol.7, no.6, pp339-407, 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 ディスカッション・ペーパー #003
2009年1月
- 小川紘一(2009b)「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」、『赤門マネジメント・レビュー』、Vol.8, no.2, pp37-69, 2009年2月
- 中條博則(2008)「2009 カメラ・モジュールの徹底解説」電子ジャーナル
- 米倉誠一郎(1999)「経営革命の構造」、岩波新書

²⁸ 東芝やシャープ以外でカメラ・モジュール市場の一角を占める我が国企業に、コニカ・ミノルタ、ソニー、パナソニック（PDCDS）などがあるが、紙面の都合でここでは取り上げることができなかった。