

複雑化の罅に嵌った商品システムのモノ造りの再構築

三輪 晴治

Rethinking Manufacturing Methodology for Complicated Products

Seiji MIWA

ABSTRACT

Since the 1980's, the performance of Japanese electronics companies has been declining and their global market share has been deteriorating. It is clear that something has happened to the hitherto excellent manufacturing capabilities of Japanese companies. The issues involved are the quality or defectiveness of Japanese products and the commoditization of electronics products. Both issues seem to be related to a key electronic module: System LSI and its software. A new design methodology, including software, to eliminate defective products and the exploration of new business models to avoid commoditization are needed. To solve defect/quality issues in virtual environments, simulations of the entire system that include failure modeling to detect unexpected failures or conflict between modules to optimize globalization is necessary. Attractive stories and not just added physical features are also necessary.

KEYWORDS: System Architecture, Commoditization, Stochastic, System Level Design, Customizable ASSP, Global optimization

はじめに

1980年以降、日本のエレクトロニクス産業の利益率が低下し続けており、そして、1989年のベルリンの壁の崩壊以降、グローバル市場での日本産業のシェアが落ち続けている。そうした中で、21世紀に入り日本産業の「モノ造り力」に異変が起っている。自動車産業、家電産業で相次ぐ「品質問題」が浮上してきた。かつての世界をリードした日本のモノ造り大国のイメージからすると考えられないことが起っている。また日本のエレクトロニクス産業で「コモディティ化」が進み、利益の急速な低減に襲われ、売り上げは拡大しても利益がでないものになってきている。大型販売店の出現とともに、価格支配力がメーカーから大型販売

店に移り、価格切り下げ競争が激化しており、利益の減少により次の商品開発への十分な投資が出来なくなってきている。これが日本経済の「失われた20年」と呼ばれるものの背景である。これはまた、日本産業は「技術では勝っているがビジネスで大敗している」という現象であって、日本産業としての世界でのポジションを大きく沈下させているものである。具体的には先端技術といわれているソフトを含んだ半導体を「基幹モジュール」として内蔵する家電商品、自動車商品で、これが深刻な問題になっていることがわかる。

この問題には、モノ造りとしての「品質問題」と価格切り下げ競争による「コモディティ化」という違った二つの現象がお互いに絡んでいるように思われる。これは最近の技術の進化を背景にした商品の複雑化とプラットフォーム化をベースにした「モジュール化」による競争の質的な変化が、こうした日本産業のジレンマをもたらしている

2010年10月8日受付、2011年1月12日最終受付
三輪晴治 イーエイシック・ジャパン株式会社
Seiji MIWA, Member(eASIC JAPAN Corporation, 3-17-6 Shinyokohama, Kohoku-ku, Yokohama-City, Kanagawa, 222-0033 Japan).
四国大学経営情報研究所年報 No.16 pp.29-47 2011年2月

考える。そして具体的には、キーコンポーネントとしてのモジュールが、集積度を限りなく高めていくソフトを含めた先端技術としての「半導体：システム LSI」として標準化され、市場化される動きにこれが繋がっていると言えそうである。これがキーコンポーネントとしての複雑化したシステム LSI が「品質の問題」と「コモディティ化」を引き起している。こうした問題を克服するには、「ソフトを含めた半導体：システム LSI の新しい設計メソドロジーの改革」と「商品価値を中心とした新しいビジネスモデルの改革」を推し進めなければならないという仮説のもとに、この問題を考察する。

これは商品システムの複雑化、生産技術の複雑化という「土台」と商品システム・設計メソドロジー、生産プロセス・メソドロジーという「上部構造」との乖離が起って、混乱している状態であると認識しなければならない。土台の変化、進化に対して、それに対応する新しい上部構造としての新しいメソドロジーを開発することにより産業はまた更に発展していき、ここにイノベーションの、新しいビジネスのチャンスがある。

1) 問題の所在

1-1) 商品の複雑化 システム化の進行

20世紀の技術はシステム化の進化の歴史でもあった。マルクスは資本主義生産の機械化による生産の拡大はシステム化として進むと喝破した。機械は「原動機」、「伝達機」、「作業機」からなる「システム」であると見た。これに電気、電子が入ってきて、そのシステムはますます複雑なものになっていったのが近代の産業・技術の発展の歴史であった。つまり、その機械システムで生産された商品がメカニカルな機械製品から、電気・電子・ソフトウェアが組み込まれた商品システムに発展して、生産機械システムはもとより、市場で使用する、消費する商品システムも益々複雑に

なってきた。

具体的には1970年ごろからソフトを含めた半導体が商品の中に埋め込まれ、中はブラックボックスとなった複雑な商品システムになってきた。つまり「モジュール化」のコンセプトのもとに、商品を分割し、そのモジュール間のインターフェースをオープンにして、全体システムをモジュールのアッセンブリーというフラット化が進んできた。それが更に1990年ころからネットワーク技術の発展で、商品システムが、そして機械システムがお互いに繋がるようになってきてから、その消費商品の複雑性は飛躍的に増大してきた。つまり「生産系の商品システム」、「消費系の商品システム」がともにその複雑性を加速度的に増大してきたと言える。システム思考のもとに、商品の「モジュール化と他とのインターフェースの標準化」により商品システムの機能は急速に上昇し、複雑度も増大していった。システム思考とは、モジュールなどの要素の間の繋がりと動作を重視し、その全体の構造から全体の機能を最適に設計しようという考えかたである。このコンセプトは1964年 IBM が System/360 の開発により実現した。コンピュータをいろいろのモジュールに分割し、そのインターフェースを決めて、モジュールをいろいろ変えて最適な商品、そして多くの派生機種を簡単に作れるようになった。しかもそれまでのすり合わせ方式のコンピュータに較べて飛躍的にコストを削減することに成功した。

人間と機械の乖離

電気、電子が入る以前のメカニカルな商品と違い、今日のソフトを含んだ半導体を構成要素にしている商品システムは、目で見ただけでは認識できない複雑な論理を持っていることから、その生産管理、品質管理は全く違ったものでなければならない。そして、これまでの商品は、人間の筋肉、神経とによる直接的な繋がりをもった一体感をもって操作できた。少し前までの自動車がそうである。ブレーキ、ステアリング、アクセルの操作は、人間の手、足という筋肉と神経が直接メカニ

カルに伝達し、操作できた。そして、かつては自動車は危険なもので、人間のもてる注意力をフルに発揮しなければならない商品との理解があった。しかし、最近の電子化された自動車は、人間が努力しなくても、安全な、無痛なものという捉え方になってきた。他の商品においても同様なことが言える。

今日の自動車、ゲーム、家電製品は、人間にとって、信号の伝達というリモート・コントロールのような間接的な操作になってきている。つまり商品のなかでリアルの世界とバーチャルの世界が混在した複雑な仕組みになってきている。ここにいろいろな要素のネガティブな干渉が起る可能性があり、品質問題の原因が潜んでいる。このことは、これまでの人間と一体感をもった商品とは違って、自分の筋肉と神経から切り離された存在になり、それを製造する側の技術体系とそれをコントロールしている製造業者と消費者が向かいあうことになる。これはどう言うことかというところ、これまでの人間と一体感をもった商品は、人間にとっての期待に違わない動きをするが、新しい複雑な商品にはその機能が著しく拡大されたために、製造業者、消費者双方にとって想定外、例外的な動きが起る可能性が出てきていると言うことである。特にこれまでの人間と一体感をもった商品に比較して、人間の分担する領域が減り、機械の領域分野が拡大する。人間の期待と違ってくるとそこに想定外の動きが出て、商品の動きに異常をきたす。これが今日の品質問題として現れているのである。

こうした商品システムの複雑化は、近年のモジュール化による半導体、システム LSI (SOC: System on Chip) とソフトウェアによりもたらされていると言える。つまりシステム全体をある半導体 LSI の中に入れると言うことで、商品システムは益々複雑なものができるようになってくる。

自動車におけるエレクトロニクス関連部品の割合は、1980年代には1%未満であったものが、2005年には小型車で15%、高級車で30%、ハイブリッド車にいたっては50%にたっしているという。

新規開発には80%がソフトウェアになっており、2007年で、自動車系でのソフトは1,000万ステップのものになり、200人で5年の開発工数を要している。2020年には自動車系で1億ステップ、2,000人で5年の開発工数になると言われている。

日本のモノ造りの欠陥

日本産業で、もう一つ指摘しなければならない点がある。日本の技術者は、より良いものを作るという意味で、限りなく技術の深掘りをするのをその絶対的な使命と考えているふしがある。これは、日本産業が戦後の産業を立て直すためにアメリカの商品を手本にして、その品質の改良、向上、コストの低減を中心に技術を限りなく進化させて成功した経験からきている。「技術的により優れた商品は市場で絶対的に受け入れられるものである」という妄信である。これが、日本の商品をいつのまにか市場の顧客が求めるものとは乖離させてしまった。更に悪いことに、国際競争が激化してきて、その商品の開発が少し遅れると、後から参入するための差別化として、無駄な機能を無理やりに追加して、技術の深掘りをしてきた。これが商品の過剰機能、過剰品質、過剰生産になって、コスト高となり、また価格引き下げ競争を招き、企業の業績をますます悪化させている。

特に日本の商品競争は、物理的な商品技術の高度化の極限に向かっての競争をレッドヒートさせている。例えば、かつての携帯電話の軽量化のグラム競争、薄型テレビの薄さの競争、剃刀の刃の枚数競争、テレビの3原色から4原色競争、カメラの画素数競争、超ハイエンドのセル TV、高性能ソニー・プレイステーションのような競争である。これが消費者、市場にとって大きな価値があればよいが、それが殆ど消費者には価値として認識されないもので、コスト高になる上に、価格引き下げ競争になっている。

基本的には、商品の機能・品質は、市場におけるユーザーが決めるものである。市場が変われば商品も変わらなければならない。そして消費者に

対して単純な物理的な価値ではなく、「意味的価値」を創造するものでなければならない。こうした商品の複雑度の上昇は、日本産業の場合は日本の技術者と経営者の習性である「高度な良い商品ならどこでも売れる」ものであるという誤解から来ている。これがマーケットインではなく、プロダクトアウト的な悪弊であり、これが日本製品のガラパゴス化現象を招いている。特に日本産業は、資本主義の市場が21世紀に入りグローバル化したことで、大きく変化したことを忘れていなければならない。

アーキテクチャ力の弱さ

日本産業のモノ造りでの弱点は、アーキテクチャ力であると言われている。「もの」を創るには(1) アイディア力、(2) アーキテクチャ力(構想力)、(3) インプレメンテーション力(実施力)という三つのステップがある。日本は、アイディア力ではそんなに劣っていない。そして実際のインプレメンテーションとしての生産作業力にも長けている。ところがその商品の機能、性能を発揮させるための商品の構造・構想があまり優れていないために、不必要に複雑化になり、したがってコスト高になる。これがアーキテクチャ力が劣っているという意味である。その上に技術の深堀りをする習性があるために、商品の技術的な構造の点でも、国際市場で競争力が劣る結果になっている。これが「技術に勝っているがビジネスで大敗している」と言われる理由である。土台としての技術、市場がどんどん変化してゆく環境では、全体最適としてのこのアーキテクチャ力が最も重要になってくる。

複雑度の変容

別の見方からすると、これまでの比較的複雑度の低い商品では、ソフトを含めた電子回路は、所謂 Deterministic (予測可能な回路、動き)なものであり、想定外、例外的なことは起らないもので、今日のような欠陥商品問題、品質問題はあまり起らなかった。しかし、現在の自動車のように

多くのサブシステムが互いに情報を交信し、そして互いに矛盾するような事象が起る場合、Stochastic (予測困難な回路の動き)のような事象が起る。これは益々複雑化する半導体・システムLSIによってもたらされている。これに対する商品システムの構造、設計の新しいメソッドロジーの改革が必要になってくる。言ってみればミサイルの軌道のコントロールのような手法、モデリングの技術が必要になる。

家電商品はこれまでスタンドアローンで、単体で動いていたので、その動きは設計段階からほぼ予測のつく、決まって動作をする。しかし近年家電製品もネットワークに繋がり、いろいろの信号の交信をハンドルして、正しい動作をするように要求されることになる。

自動車はいろいろな交通事情で、その性能、機能に対してその適応が問題になるが、エレクトロニクスが入り込むまでは、その複雑度は低かった。これがエレクトロニクス化されてからそのストックキャスト的な問題が自動車において浮上してきた。想定外、例外的な事故が起るということは、商品システムの設計の問題になるが、後で見るように、調査では、製造工程でよりも、設計工程で、システムの構想の段階でのミスが多くなってきていることが明らかになっている。

土台と上部構造のコンセプト

もう一つの重要な見方がある。ヘーゲル、マルクスが明確にした「土台と上部構造」というコンセプトである。人間の経済社会では、生産関係という「土台」をもとにその上にそれに合った社会の法律、制度、宗教、芸術、文化という「上部構造」が出来上がる。これをエレクトロニクス産業の世界で見ると、半導体の微細化技術、ネットワーク技術、商品の複雑度、その他が「土台」となり、その上に半導体の設計手法、システムのシミュレーション方法、製造プロセスその他が「上部構造」として対応することになる。しかし多くの場合「土台」は先に変化する。そうするとその土台と上部構造との整合性が乖離し、矛盾、混乱

が起きる。そのために新しい「土台」に適応するための「新しい上部構造」を創造しなければ混乱が続くことになる。現在のエレクトロニクス産業ではこの乖離が起っている。ここに改革、イノベーションが起るチャンスがあり、新しい土台に合った新しい上部構造を作り上げ、社会の発展を進めることで産業社会は更に進化する。この上部構造の内容は、正、反、合という弁証法的発展の視角で決めることが出来るというものである。こうした商品システムにおける土台としての技術の複雑度の進化は、上部構造としてのそれまでのモノ造りの生産メソドロジーと乖離による混乱を解決するための新しいモノ造りのメソドロジーを開発し、イノベーションを起さなければならないし、そこにまた大きなビジネスチャンスがある。

1-2) 商品システムの品質劣化の問題 品質の劣化現象

1990年からのグローバル化時代に入り、これまで誇ってきた日本商品の品質の高さに異変が起ってきている。家電商品、自動車商品で世界的な競争の激化から、多くの派生機種を増やしていくなかで品質問題が浮上してきた。欠陥商品としての事故や、リコールが増えてきた。そしてグローバル・サプライ・チェーンの構築、再編の過程でも製造上の不良商品がでてきた。

しかし問題は、その品質問題の原因が製造工程でのミスではなく、設計工程でのミス、欠陥が大きなウェイトを占めるようになってきたことである。

国土交通省の調べでは（日本経済新聞2010年3月5日）、リコールの原因を見ると、2003年までは設計と製造の割合が半々であったが、2004年からは設計段階の欠陥が急速に高まり、今日では70%を超えるまでになってきている。

設計：70%（設計自体：52%、耐久性：13%、性能：5%）、

製造：30%（作業工程：25%、工具・治具：2%、部品・材料：2%、機械設備：1%）

これの意味するところは、設計工程での問題を明らかにし、その変革を迫られているということである。

2008年以降、トヨタのリコール問題が起き、トヨタの屋台骨を揺さぶるまでになってきているが、しかしトヨタだけではなく、近年ホンダも、日産も、欧米の自動車企業も同様にリコールを頻繁に起している。

この品質の問題は、商品システムの複雑化が「半導体とソフトの集積化」として進み、それが商品の品質としてマネジできなくなったことによるものと考えられる。これは複雑度を増してきた新しい商品技術という土台とこれまでの設計メソドロジー、生産技術という上部構造とが乖離してきたために起ったのである。益々複雑になるソフトを含めたSOCの設計において、この整合性をとることができる新しい設計メソドロジーをいかに開発するかという課題である。これが解決すればまた正常な商品システムが生産、供給されることになる。

1-3) 日本商品のコモディティ化現象 コモディティ化の罅

1980年以降、日本のエレクトロニクス産業の売り上げはどんどん伸びていったが、収益は、前述のとおり、劣化し続けている。特にデジタル家電商品では、売り上げは伸びたが、価格切り下げ競争の激化で、企業の収益は悪化している。更に2000年以降中国、台湾、韓国の企業の本格的な参入とその量産活動で、電卓、トランジスタラジオ、コンパクトデジカメ、薄型テレビ、DVD、携帯電話、白物家電、パソコン周辺機器などで、激しい価格切り下げ競争が起り、ビジネスとして収益性の悪いものに転落してきている。その価格切り下げ競争のメカニズムは、商品が標準化され、消費者にとっては価格が唯一の差異となり、企業は労賃を切り詰め、合理化をして終わりのない価格の下落を招いた。具体的には、商品がモジュール化し、キーコンポーネントが標準化され、しかも、それが外売されるようになると、誰でもキーコ

ンポーネントを購入して、他の部品をアッセンブリーすることにより、同じような商品の生産が可能になった。その結果、当然ながら、競争のプレーヤーが多くなり、価格切り下げ競争となる。これが世界的なデフレの要因の一つになっている。この商品の標準化は、モジュール化による半導体とソフトの複雑なモジュールが標準化され市場で取引されるようになったことによる。これが商品システムとしての差別化を困難にして、価格切り下げ競争に追い込んだと言える。つまり半導体のシステム LSI としてのキーコンポーネントが価格引下げ競争を引き起すというジレンマになり、これをどのように扱うかが重要な経営戦略のポイントになる。

2) 商品の品質問題の本質

商品システムの品質的欠陥問題

こうした商品システムの複雑化による、実際の商品の品質の問題がどのような形で現れてきているのかを観てみよう。まず安全という観点でいろいろの具体的な品質問題の事例を見てみる。

2010年5月20日、トヨタ自動車は、「レクサス」の「LS」4車種のハンドルとタイヤの動きが一時的に連動しなくなる問題で、国内外の約1万1500台をリコールすると発表した。「プリウス」と同じような電子制御の不具合があったためである。ハンドルをいっぱい切った状態から素早く戻そうとすると、ハンドル位置が反対方向に最大90度近く切れすぎた状態で直進する現象が生じると言う。原因はハンドルを操作する制御プログラムにあったということである。

2010年8月26日、トヨタは、アメリカやカナダなどの北米地域で販売した「カローラ」「カローラ・マトリックス」の2005年から2008年型車について電子系統の不具合で走行中にエンジンが突然停止する恐れがあるとして合計約136万台をリコールすると発表した。トヨタによると、問題とみられるのは電子制御スロットルシステム(ETCS)の一部のエンジン制御(ECU)に不具

合があったということである。

トヨタのプリウスの電子制御システムの問題は、自動車の前後輪のブレーキバランスを自動的に制御するシステムで、EBS(Electronic Brake Force Distribution)と呼ばれるものである。これは通常のガソリン車と同様の油圧ブレーキと、減速時のエネルギーで発電する回生ブレーキを併用する。しかもタイヤの横滑りを防止するABS(Antilock Brake System)を組み合わせており、複雑な構造になっている。ABSと回生ブレーキの目的は全く異なり、ブレーキという自動車の機能でこの装置が出合ったときは、お互いの複雑さがネガティブな相乗効果を引き起す可能性がある。

ジャガー社の製品では、コントローラーがトランスミッションオイル圧力の大きな低下を検出したときに、ギヤが勝手にバックに入ってしまうシステム障害を引き起した。

2004年5月、メルセデス・ベンツの電子制御ブレーキシステム「セントロニック」で、油圧ブレーキのコントロールユニットのプログラムに不具合が見つかり、68万台のリコールになった。

2010年2月にNTTドコモが国内生産の東芝製スマートフォン「T-01A」の販売を、6月に続いて、2度目に一時停止した。「110」の電話がかからないという不具合で、ソフトウェアの不具合である。

家電・生活用品においても、製品の不具合などによる商品のリコール件数が、2007年は194件と前年より2割強も増えたことが、経済産業省所管の製品評価技術基盤機構の調査で2008年1月12日に明らかになった。件数は1989年の調査開始以来最高で、2002年に比べ約5倍に拡大した。これらは品質問題のほんの一部の例である。

日本の品質管理運動の劣化

こうした問題の原因の一つには、日本の誇っていた品質管理運動の変質にあると考えられる。日本は、アメリカのデミング博士に品質管理のコンセプトを教わり、それを真面目に実行して、更にこれを日本の企業文化にまで昇華させ、世界に誇

るべき TQC (Total Quality Control) に完成させた。それは具体的にはゼロディフェクトの思想での、全体最適を目指し、安心できる品質の確立、それによるコストダウンが実現した。これは、単なる合理化の一手段ではなく、日本企業の発展の経営思想として全社を巻き込む運動になった。これが1980年代の日本産業の発展の原動力になったと言える。

しかし残念ながら、そのような成果と活動はそんなに長く続かなかつた。TQC 運動が、だんだん「運動のための運動」になり、儀式化していった。TQC の御旗のもとであればなんでもできるという文化に変わっていった。TQC のためにということで品質を高めていくと、結果としてトータルコストは逆に上がっていった。そして TQC は、七つ道具を使用し、PDSC をまわすための形式的なストーリーを作成するという形骸化に陥ってしまった。つまり品質管理原理主義というか、品質至上主義に陥ったのである。

日本の或る企業の取締役は、「2003年ころから、日本の企業の品質が実際に悪くなっている。不具合、事故が後を絶たない。品質管理が逆作用している」と言っている。特に最近の悪い傾向は、品質向上を錦の御旗にして、自分の担当部門で商品の欠陥をださないために、その分野の安全係数を多く獲る動きが出ている。言うまでもなくこれは、過剰品質になり、コスト競争力を弱めることになる。日本の品質管理は、コストを無視して、品質の向上運動としての「品質管理道」ともいうべき、儀式になってしまい、それが結果として「逆品質」になり、コストはトータルで上昇するという現象になり、日本企業の収益力の低下になっていった。この原因は日本企業の組織が、それぞれの機能部門組織になって分断され、部門の間に厚い壁が出来上がり、それぞれの部門が部分最適に走ることになった。TQC も、結果的には、品質管理部門の担当の仕事ということになってしまった。これは土台としての技術が変化したので、それに対応する品質管理の手法も改革しなければならないということで、設計を含めたモノ造りの全

工程を最適化の出来る「見える化」をすることと、個々の改良の全体的な整合性をとる新しい手法を品質管理の仕組みのなかに入れて入れなければならないということである。

システムティック欠陥

半導体産業で見てみると、半導体製造工程での欠陥が起る原因が、作業者の保全を含めた操作ミスがこれまで多かったのが、プロセスの自動化が進むと、そうした作業者の操作ミスではなく、プロセス自体の問題で、パターン設計の問題や製造装置そのものの不具合という「システムティック欠陥」に起因するものが増大していった。これによりこれまでの品質管理の少人数活動が困難になり、これまでの品質管理運動体制の効果がなくなっていった。つまり技能工のエンジニアの役割が変わり、全体を俯瞰的に見渡せて、全体の最適化が出来る人材を育てなければ、こうした新しい品質問題は解決できないものとなった。また品質管理の仕組みも個々の分野の小さな範囲での活動ではなく、設計プロセス、生産プロセスの全体の最適化を計るものにしなければならない。同時に設計、製造プロセスもこうしたシステムティック欠陥を見つけるような、プロセス全体を見渡せるような仕組みを作る必要がある。これは「バーチャル・バーチャル・インテグレーション」のコンセプトを進めなければならないということになる。

もともと半導体製品は生産工程技術と設計工程技術と半導体製品システムスペックの三つが十分理解できていなければ、満足なものできないものであった。半導体産業の初期の時代で、トランジスタの微細化という意味でのサイズの比較的大きな時代、したがってトランジスタの集積度が低い時代では、日本半導体産業においても一人の人がその三つの分野を熟知することは可能であった。トランジスタ・レベルからの設計をやり、しかも製造プロセスを管理したリーダーが多かった。

しかし微細工の度合いが進み、プロセスの工程数が増大していくと、プロセスの専門技術者が要請され、設計回路も複雑になると、設計ツールの

開発、検証技術の開発にそれぞれの専門技術者が生まれた。そこで製造プロセスと設計プロセスをあるデザインルールを設定して、分断することになった。これはある意味では大変な改良で、半導体の生産性は飛躍的に上昇したが、更に微細化の進化が進むとその土台技術に対しての上部構造のそれまでの製造、設計メソドロジーが乖離してきた。しかもプロセスの自動化が進むとますます作業は分業になり、プロセス全体を見渡すエンジニアが居なくなった。特に、工程数が増え、複雑なプロセス・レシピの投入が必要になり、作業員の人為的ミスではなく、システムティック欠陥が多くなると、生産工程技術、設計工程技術の全体が理解でき、俯瞰できるエンジニアの養成が喫緊の課題となる。と同時に設計と製造のスリ合わせを組織的に行う仕組みを確立しなければならない。

モジュールの階層的複雑さ

しかし、そうした生産プロセスの問題とは別に、ソフトウェアを含めた半導体の回路の複雑化が進んでくるともって問題は深刻になる。先に品質問題の具体的な事例を見てきたが、その例からすると、ソフトを含めた設計工程にその問題の原因があるケースが多いことが分かる。しかもその不具合の原因が単一のハード部品の品質の欠陥ではなく、ソフトを含めた複数のモジュールの作動の相互干渉、あるいは誤動作に起因しているものが多い。これは多くの場合、半導体とソフトウェアとの統合に関連したものであると言える。

今日の複雑な商品システムは、機械系部品、ハードな電子系部品とソフトウェア、および組み込みソフトウェアが組み合わされて、一体となってシステムとして機能することになっているが、これが上手く作動していないということである。また不具合が起ってもそれを再現することが出来ないものが多いと言われている。これは商品システムとしての全体の整合性とその適切な検証のメソドロジーがまだ十分確立されていないということになる。つまりこのようなソフトを含めた複雑な半導体をモジュールにする商品システムはまだ

完全に商品システムとして完成していないものであると言わなければならないという意見すらある。

高速増殖炉「もんじゅ」の事故などが未だに起きている高速炉原子力発電は、まだ社会にとって全く安全なシステムであるという段階にいたっていないものであるとする意見もあり、ストキャスティック分析をもとに更なる技術開発が必要であるということであろう。しかしこれは更なる技術の開発という明確な目標ができ、より大きなビジネスのチャンスがあるということでもある。

自動車の例で見てみると、一般的に、現在の自動車には、コミュニケーション・バックボーン・アーキテクチャとして、

- (1) Power Train,
- (2) Telematics,
- (3) Body,
- (4) Functions, Driving Function の4つがある。

そのそれぞれには

- (1) Transmission, Engine (ECU),
- (2) DAB, Internet Access, Mobile Phone, Navigation,
- (3) Climate Control, Theft Warning, Door Locks, Sunroof,
- (4) Shift by wire, Steer by wire, Brake by wire というサブシステムがある。

これらのサブシステムには、それを動かすために複雑なソフトを含めた半導体モジュールがある。しかもそれらのモジュールのなかに、全部で60から100個もあるCPUが使われ、いろいろのところに設置された多くのセンサーが、複数のCPUにいろいろの情報を伝え、それぞれのサブシステムが作動し、全体の自動車を動かすことになる。こうした仕組みの中ではそれぞれのサブシステムが他のものと相互干渉、コンフリクトを起す可能性があり、これが想定外の動きを起し、事故、誤動作になることがある。

つまり現在の商品システムは、複数のモジュールとサブモジュールからなり、これらが互いに情

報を発信し、その信号を処理して対応の作動を進めるが、場合によってはその複数の情報が干渉し、予期しない動作を引き起すと言うストキャスティックな状態であると言うことができる。

具体的に見ると、自動車の場合では、アクセルを踏む状態と、ブレーキを踏む状態が同時に起った場合のコンフリクト、ハイブリッドの場合の燃費を節約するために発電機の駆動と加速の指令とのコンフリクトなどいろいろ交互に相互干渉する可能性がある。車の走行中に車の安全性を維持する「EUC (Engine Unit Control)」とブレーキを制御する「ECU (Electronics control Unit)」が違った判断をして反発しあうことがある。そしてソフトウェアが互いの反発する。こうした「干渉」が起らないように、システムに横串をさした総合的な制御システムが必要であるが、その適切なものがまだ確立されていない。つまり想定外、例外的なことが起ることになるが、これを事前に解析して解決するというメソッドロジーがまだ確立されていない。こうした複雑な多くのサブシステムからなる仕組みが自動車に内蔵されているのであり、これがますます複雑度を増している。

また近年の自動車の機能はいくつかの目的が設定されている。安全性、快適走行性、高燃費効率性、コミュニケーション性の追求といういろいろのタスクが設定されており、状況によっては、それぞれのタスクが互いに矛盾したり、干渉することがありうる。そうした相互干渉がどのようなものがあるかを完全に把握し、その干渉の場合の優先順位、あるいは選択を適切にしかも自動的に行う仕組みができていなければシステムとしての商品は安全に使用できない。しかし現在はその欠陥が品質問題、リコール問題として出ているのである。つまり全体のシステムとしての検証が十分されなければならないものであるにも拘らず、それがなされていないと言わなければならない。つまり現在のような複雑な商品にたいするモノ造りが完成されていないと言うことである。現在の自動

車の場合、試作車を作り実車テストとにより不具合を発見するのであるが、こうしたシステム全体での複数のモジュールの相互干渉という問題を検証するのは現在のモノ造りのメソッドロジーでは殆ど不可能に近いと言うことである。

「部品単品の試験はやっていたが、システム全体での品質管理ができていなかった面があった」トヨタの佐々木真一副社長（日本経済新聞2010年3月5日）。

つまり今日の自動車のモノ造りでは、部分最適として、個々の部品、モジュールはきちんと造りこんでいるが、全体最適化という意味での、システム全体としてのシミュレーション、検証は十分になされていないと言うことであろう。

半導体設計メソッドロジーの改革・高位設計技術の確立

こうした商品システムの品質問題は、先述のように設計工程での不具合に起因することが増大してきていると言うことであるが、その原因をもっと深く調べてみると商品システムでのソフトウェアの問題と同時に商品設計仕様の初期の段階での問題があることが明らかになっている。

製品出荷後のトラブルの原因

製品仕様の不具合	22%
ソフトウェアの不具合	36%
ハードウェアの不具合	23%

設計レベルでの仕様の問題による原因

要求仕様のトラブル	42%
概要設計のトラブル	24%
詳細設計のトラブル	26%

これは何を意味するかというと、高位のシステム設計、アーキテクチャ・シミュレーション設計が適切になされていないと言うことである。つまり要求仕様、あるいは製品の仕様書が十分検討され、確定していない状態で、詳細設計に入ると、後で設計それ自体がやり直しと言うイタレーシ

ンが起り、時間とコストを無駄にする。それが製品システム自体に欠陥を残すことになり、これが先に見たような品質問題になっているのである。

日本の場合は、半導体の詳細な配置配線と言う「インプレメンテーション」には強いが、どう言うCPU、メモリー、バス、どのような基本的な配置、構造を持つべきかという「アーキテクチャ」の最適化という意味で劣っているとされている。一度ある半導体モジュールを設計し、それが実際に正しく作動したら、そのアーキテクチャを保持して、次の商品は、そのアーキテクチャをそのままにして、それに追加機能をいろいろ付け加えるという手法で進めてきた。これは、古い旅館の建て増し建て増しを繰り返したようなもので、使い勝手の悪い、競争力のない半導体モジュールと言わざるを得ない。確かに設計の再利用であるが、市場の変化に対応した最適な商品システムを創ると言う点では、このメソドロジーは競争力のないものになることは言うまでもない。新しい市場への商品システムは、これまでの古い商品アーキテクチャではなく、それを新しいものに変えなければ、性能、コストともに競争できなくなる。これがまたいろいろ追加機能を付け加えているため、そこに品質問題を起す余地があり、実際にそのために問題が起っているケースがあるのである。

つまり日本の商品設計プロセスは、特に高位設計の段階で、「ガーベージ・イン・ガーベージ・アウト」(間違ったデータで設計すれば、結果として欠陥商品ができるということ)になっているということである。これに対処するには、設計の最初の段階から正しい設計メソドロジーで、正しいデータを投入して進めなければ、品質問題、コスト問題を起すことになるということである。

更に問題な点は次のものである。日本では、部品やサブモジュールの段階まではシステムとしての検証をするが、極端に言えば、それからの上位の全体のシステムの作動は十分検証していないし、コスト、パフォーマンスという意味での「全体最

適」を図っているとは言えない状態である。つまり高位システムレベルの設計メソドロジーをもって、商品システム全体のシミュレーションをしなければ欠陥のない商品システム、競争力のある商品システムにはならない。

先述の通り、日本の技術者は、半導体の設計のケースにおいても、全体の構想を練る前に、すぐトランジスタ、セル、メモリーブロックなどを並べて、それを配線で繋ぐ作業を始めたがる。先ず新しい半導体を設計する上で必要な機能、性能、コスト、サイズを実現するためにどのようなシステムの構造を持つべきかと言う「構想力」が必要である。その最適なアーキテクチャが決まったあとで初めて、ロジックブロック、メモリーブロック、バスの設計と言うインプレメンテーションに入ることになる。大きな建築物を設計図なしにいきなりレンガを積んだり、柱を立てたりと言う建築工事をすることはできない筈である。

このシステム・レベルの高位の設計のメソドロジーを確立しなければならない。

これにはロジック、プロセッサ、メモリー、バスなどのモデルをつくり、しかもそのパラメータを自由に変えることのできるモデルをそろえて、モデルのパラメータを変えながらシミュレーションしてシステム全体のアーキテクチャの最適化をはかる手法である。この環境でフェイリアー・モデル (Failure model) も加味して、仮想の状態で、いろいろの不具合を摘出して、最中で、安全な半導体モジュールを設計するものである。

フェイリアー・モデルとしては、或るボードが焼失したとか、或る配線が断線したとか、或る配線にミスがあったとか、あるいは或る部品のMTBFの期限が切れたなどといういろいろの想定外の事故があった場合でもその商品の安全を確保する設計が重要となる。

先述のアイデア、アーキテクチャ、インプレメンテーションというコンセプトで日本はアーキテクチャ力が弱いと指摘したが、このために

アーキテクチャ設計のためのメソドロジー、ツールについても偏見がある。日本ではシステム・レベルのアーキテクチャの最適化のツールにおいて、インプレメンテーション・レベルに必要な精度、詳細度を持たなければならないと言う先入観があるために、適切なシステム・レベルのアーキテクチャの最適化のツールの開発、採用が遅れている。システム・レベルの設計の意味とその技術構造について日本では十分な理解ができていない。これが日本の半導体モジュールのアーキテクチャが弱く、競争力がない理由である。

システム・レベルのアーキテクチャ設計環境技術の開発

こうしたシステム・レベルのアーキテクチャを最適化するための設計技術が市場に出始めている。

一つの例が、アメリカの Mirabilis Design 社の VisualSim という技術である。

この設計技術はソフト、ハードを含めたシステム・レベルのシミュレーション・エンジンをもったツールと500以上のパラメタライズされたいろ

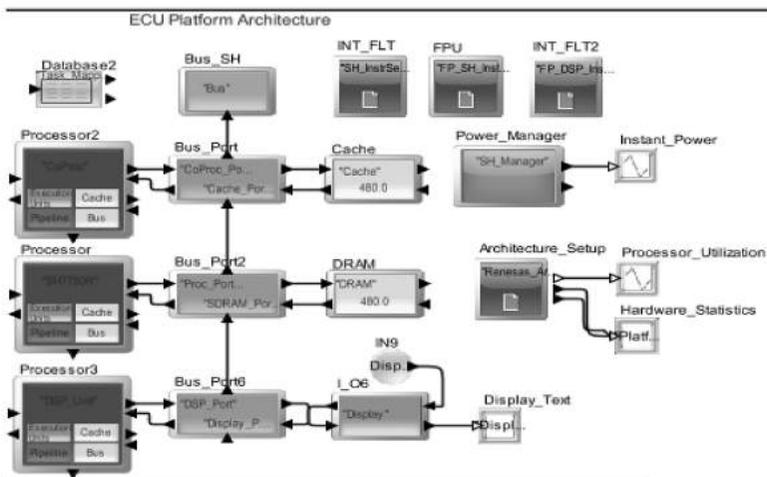
いろのモデリングを用意している。

あるシステム商品を設計する場合に、その仕様スペックの概略に基づきブロック・ダイアグラムを描くと、そのそれぞれのブロックに対して用意してある相当するモデリングを引き出し、ブロック・ダイアグラムの上に置き、そのパラメータを仕様にあわせて設定すると、瞬間的にシミュレーションをしてその結果を出し、過剰な性能であればすぐその下の性能のモデリングに変えるかパラメータを変え、必要性能を満足する最小の電力、最小のダイサイズ、最大のパフォーマンスという最適アーキテクチャを求めることができる。

この VisualSim は5つのシミュレーターを持ち、サブシステムのシミュレーション、システム全体のシミュレーション、アナログのシミュレーション、ディスクリット・イベント、有限状マシンなどの対応ができる。また新しいモデリングが必要な場合は、比較的簡単にそれを作成する環境ができています。

ソフトとハードを含めたシステム商品全体としてのシミュレーションをし、仮想でのフェリ

パラメタライズド・モデリング



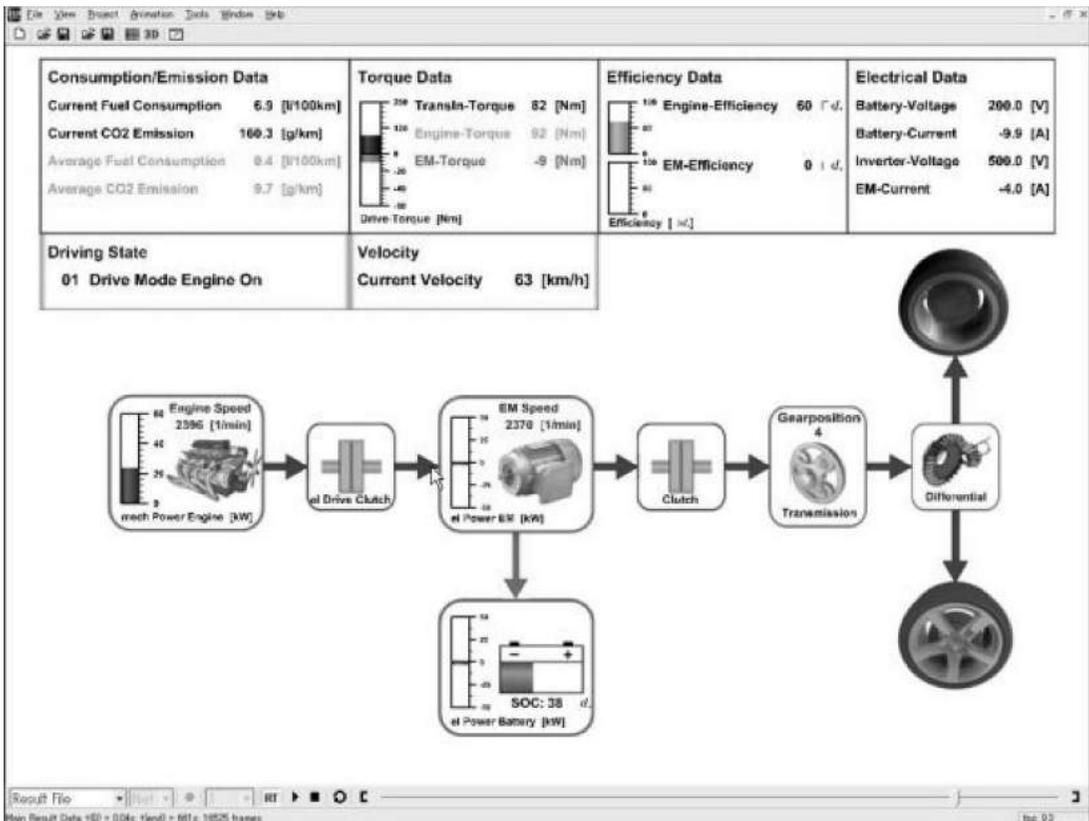
アー・モデルを基にしたベリフィケーションをする必要がある。これが今日の品質問題を解決する一つの道である。

仮想フェリアー・モデル・シミュレーションでは、「或るボードの焼失」、「或る配線の断線」、「コネクタの脱落」、「強い磁界での障害」などのモデリングを作成して、これをもとに VisualSim 上でシミュレーションをすると、それに対する対策が見つかる。一番重要なことは、これからいろいろのフェリアー・モデルを造り、それを蓄積して使うことである。これを実際の事故、品質欠陥からフィードバックして豊富なモデリングを作ることである。

日本ナショナルインスツルメント社（日本 NI）、ネオリウム・テクノロジー社、マックスシステムズ社の3社は、自動車の動きを模擬する「フルビークルモデル HILS」を開発し、これにより実車が

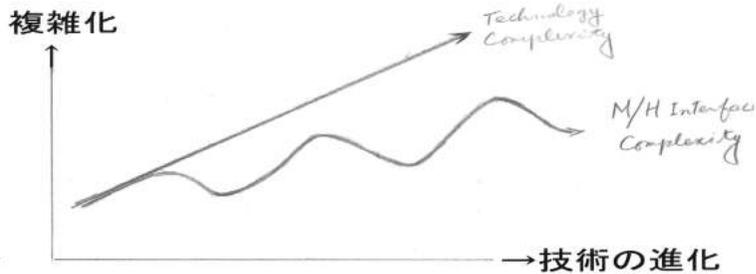
ない段階から、モーター、インバーター、車載 ECU（Electronic Control Unit）などの自動車を構成する各要素の開発を進めることができる。このモデルは、自動車の車両モデルや電装系モデルを始め、路面や運転、電池、モーターという各種モデルを統合したものである。車両の走行シミュレーションに必要なモデルがすべて用意されているので、実際の車両がなくても、車両の走行状況を模擬した試験を行うことができる。電気自動車の開発には、回生ブレーキや電池の稼働状況の管理が必要で、この管理を上手くすると走行距離を伸ばすことができ、ハイブリッド車では、走行状況に応じてモーターとエンジンの動作を切り替える適切なスイッチング制御が燃費の向上をもたらす。

こうした高位のシステム・レベルでの最適アーキテクチャを求めることで、品質問題のない、コスト・パフォーマンスの競争力のある商品、半導体の基幹モジュールが設計できる。こうした高



システムの複雑化

技術の発展と複雑化



20

位のシステム・レベル・アーキテクチャの開発環境の開発が急務である。こうした技術の内容により成功する企業とそうでない企業との大きな格差がつくことになる。

複雑度の低減・縮退

商品システムと生産技術システムがある閾値を超えて複雑化していくと、土台と上部構造の乖離、矛盾が起り、これに対処するために複雑度の簡素化をすることにより生産技術が進化することになる。こうした複雑度の簡素化に対して技術がどう対応するかであるが、一般的には「縮退」、「代表的縮退」、「階層化」、「パラレル化」、「モデリング化」、「新アルゴリズム」などの形でその複雑度を低めていく。これが技術の進化の一つの形態である。

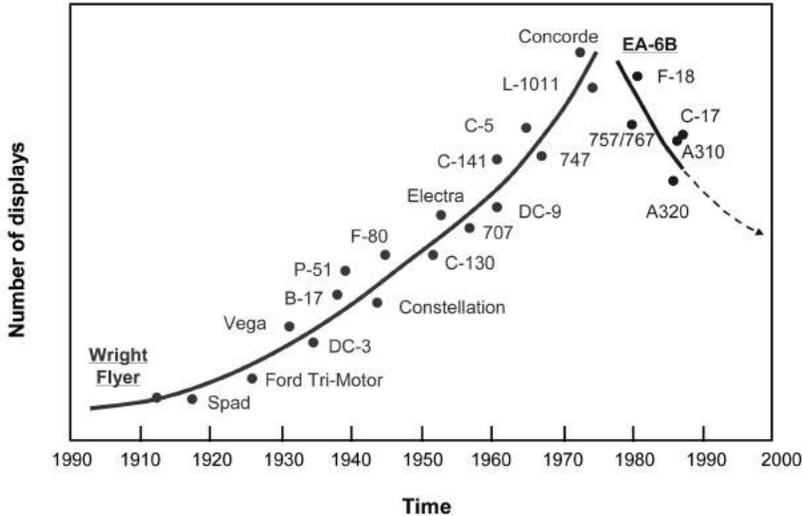
つまり、複雑化の進行に対して、これまでの技術アーキテクチャより上位のレベルの抽象化された新しいアーキテクチャを創り出す力が重要である。これが先述のアーキテクチャ力とも符合するもので、残念ながら日本は一般的にこれが弱い。この力をこれから日本産業は身に付けなけ

れば成長することはできない。

半導体設計自動化ツールの進化は、半導体の微細加工の進化、トランジスタの集積度の進行に合わせて、これらの手法を駆使して進められてきた。「縮退」は設計データが膨大なために、全体でシミュレーションをすることが時間的に困難なために、そのシミュレーションの目的にはあまり関係のないデータを削除して、設計をしやすいものである。しかしそれはあるデータの削除であるので、実際にはある程度精度を落とすことになる。それに対してデータを小さなブロックに分割して、それぞれのブロックデータの意味内容を体現した代表的なデータを抽出して、それを集めて短期間で、精度高い設計をより高速で行うものが「代表的縮退」である。

したがってある面では、技術の進化は、生産システムでも、商品システムでマシン・ヒューマン・インターフェースにおける複雑度を如何に低減するかの歴史でもあった。勿論マシン自体の

The rise and fall of complexity of aviation cockpits



三輪資料2000

内部構造の進化も同じことが起っていると言える。

3) コモディティ化問題の本質とその解決策

飛行機のcockpitの複雑さも変化してきているという調査がある。旅客機のcockpitの複雑さがエスカレートして言ったが、この複雑さと飛行機事故の頻度と相関があるという分析がなされている。そうした状況をもとに新しい技術の動きが1970年ころから起った。つまりそれ以降飛行機のcockpitの操作ボタン、計器が縮退化、単純化されて、その進行に伴い、全体の飛行機事故が減少してきているという調査もある。

産業用のロボットも、最初の段階では、ロボットの機能を向上させ、付加価値をあげると言う意味で、コントロール操作はどんどん複雑になっていった。しかし、それは逆に使い勝手が悪いと言うことで、売上げが伸び悩んだ。ある産業ロボットメーカーの経営者によると人間が操作するロボット、自動機械では、ボタンが5個以下のものになると売上げが向上すると言うことであった。

日本産業の特にエレクトロニクス産業は1980年代までは品質の向上とコストダウン力により、世界市場でその競争力を発揮し、アメリカの電気産業を市場から追い落とし、瞬間的に世界一になった。もともと日本産業は、アメリカの商品をもとにそのコストダウン、品質の向上で、価格を下げながら大量生産を進めて発展し、瞬間的にジャパン・アズ・ナンバーワンになったが、1990年から世界市場での競争が激しくなり、しかも国内では大型量販店に価格コントロール力を奪われ、価格の切り下げ競争に突入した。しかしその過程で、差別化として物理的な価値を高めることに走ったが、そのためのコスト高と更なる価格引下げの狭み撃ちにあい、収益率は急速に落ちていった。

しかも韓国、台湾、中国の企業の進出により、価格競争は一段と激しくなり、日本エレクトロニクス企業の大敗が明らかになってきた。商品価格の下落は、産業活動ではいろいろの形で起るものである。19世紀の終わりから初めにかけてアメリ

カは大量生産に入り、それまで一部のマニア向けの商品、職人のための商品、金持ち向けの商品価格を飛躍的に下げて一般大衆の商品にし、新しい市場を開拓していった。勿論金持ち向けの商品とは違ったコンセプトの商品を開発するのであるが、価格の下落と言う意味ではコモディティ化と言うことになるが、それまでとは違った新しい大きな市場を創造するためにその産業の業績は益々向上し、経済発展をドライブした。しかし価格引下げをしても同じ市場での競争者の互いのシェア争いになると、そうした企業の業績は悪化し、産業全体も疲弊する。したがって一番重要なことは価格引き下げをしても、これまでとは違った新しい市場を創造できるかどうかである。日本は戦後、生産性向上を国の旗頭にして、品質の向上、コストの低減を進めてきたが、生産性向上には良い生産性向上と悪い生産性向上がある。生産性の向上を果たしても、その商品が新しい市場の創造に繋がらなければ、価格引下げ競争の罠に嵌る。市場の同じドメインでのシェアの獲り合い競争になり、全部が疲弊する。日本産業では今この後者の悪循環が起っているのである。良い生産性向上、マスプロによる価格引下げの例は、フォード社のモデルT、シンガー社のミシン、ソニーのウォークマン、パソコン、携帯電話などであり、大量生産により価格を切り下げ、その商品を大衆市場に普及させ、新しい市場を作り上げたものである。

しかし最近のエレクトロニクス産業の価格切り下げ競争は、同じ市場のドメインの中での、競争企業間のシェア争いになってきていることが、コモディティ化問題として深刻な状態をもたらしている。

こうした価格引き下げ競争による業績の悪化の原因の一つは、商品のモジュール化とそのインターフェースがオープンになったことである。キーコンポーネントとしてのモジュールが中心になり、しかもこれが半導体とソフトのシステムLSIとして開発されると、これを誰がコントロールするかにより、その産業のビジネスの姿が変わ

る。つまりそのキーコンポーネントを商品システムのアッセンブラーがブラックボックスとして持ち、その競争がない場合、そのアッセンブラーに高収益をもたらす。ところがそのキーコンポーネントのコストを下げ、量の規模を上げるために外売りをし始めると、その高収益のベネフィットは崩壊し、コモディティ化する。ソニーそのたの企業は、1990年代から自分の商品のキーコンポーネントとしてのシステムLSIを、量産によるコストダウンのために、外売りを始めた。これが日本産業の業績悪化の始まりであった。あるいはこのキーコンポーネントをファブレス・セミコンダクターという専門企業が開発し、それを標準化して、多くの企業に販売すると、言うまでもなく多くの参入企業があらわれることになり、商品システムはコモディティ化する。

つまりコモディティ化には、複雑なシステムLSIの開発とそのオープン化に深く関係しているのである。先述のとおり、こうして電卓、トランジスタラジオ、コンパクトデジカメ、薄型テレビ、DVD、携帯電話、白物家電、パソコン周辺機器などで、激しい価格切り下げ競争が起り、そうした企業の業績はどんどん下落していった。

高級化に逃避すると自滅する

コモディティ化に抵抗しようと商品の高級化に逃げる動きがある。日本産業のモノ造りの問題として、先述したように、同じ商品、市場ドメインで、物理的価値をどんどん高めていく競争をして自滅する例を見た。携帯電話の軽量化のグラム競争、薄型テレビの薄さ競争などは、同じ商品、市場ドメインのなかでの熾烈な競争で、新しい大きな市場の創造ではないために価格切り下げ競争になり、すべての企業が疲弊に陥る。

先述のように、そうした自滅の道避けるためには、新しい価値を創造する道を進めなければならない。ソニーのウォークマン、アップルのiPod、iPhone、iPadは、これまでの携帯電話、ミニパソコンとは似て非なる新しい市場を開発したために、コモディティにならないビジネスが展開でき

ている。機能的価値の向上競争ではなく、後述するようなワクワクする新しい「意味的価値の創造」でなければならない。自動車でも高級化でSUVとかレクサー化で日米自動車メーカーは一時膨大な利益を上げたが、サブプライム問題に陥り、転落したことはまだ記憶に新しい。

日本家電産業の大敗？

アメリカの電気産業は1970年から1980年にかけて日本産業の価格競争、品質競争に敗退してどんどん市場から撤退した。WH, GE, RCA, などの多くのアメリカ企業が家電産業分野から撤退していった。しかし家電の王者であった日本産業も今や家電商品から撤退しはじめているようである。パイオニアはプラズマパネル生産から撤退し、エネルギーを含めた住宅に舵を切り、東芝はDVD「HD-DVD」からの撤退、原子力発電、フラッシュメモリー、インフラテクノロジーにシフトし、ソニーはリアプロジェクションテレビからの撤退し、ネットワークを生かしたコンテンツに進んでいる。日立製作所はパソコン生産からの撤退し、重電、原子力発電、ファクトリーオートメーションへ舵を切っている。船井電機はプラズマテレビから撤退し、ビクターは国内向けテレビから撤退し、三洋電機は携帯電話から撤退した。三菱電機は携帯電話から撤退をし、シャープも太陽光エネルギー事業に力を入れ、日本産業は利益のあがらない家電色を薄めている。

これの裏腹の動きであるが、韓国のLGが本格的に家電商品で日本市場に進出し始めている。白物家電では世界最大手の中国のハイアールが日本市場で中・高級家電商品の販売を本格化する。スエーデンのエレクトロラックス、フランスのグループセブ、イギリスのダイソンなどが日本進出に動いている。

しかしアメリカも今エネルギー、風力発電、電池、医療、ITをベースにしたエレクトロニクス分野で価格競争に嵌らないビジネスモデルの開発の推進に拍車をかけている。中国も太陽光エネルギー、風力発電、リチウムイオン電池、などの戦

略産業への投資を大幅に進めている。日本産業が考えているこれからの分野とかなりオーバーラップしている。こうした世界の産業の動きの中で、これからの日本産業が21世紀のグローバル市場での競争に伍していけるか大変心配なところである。

基幹モジュール：システムLSIのジレンマ

このような商品のコモディティ化の現象はどこに原因があるのであろうか。その一つは、製造のノーハウ、レシピが製造装置に組み込まれてきたために、後進国の企業がこうした最新の製造装置を調達すると、半導体のようなハイテク商品が技術の蓄積のない企業でも製造できる。所謂「後発優位の図」が生まれた。これが参入企業を多く引き入れ、価格切り下げ競争に拍車をかけてきた。もう一つは、先述のように日本産業は技術の深掘りをし、特に半導体産業はムーアの法則による微細化をどこまでも進めるという行動が、トランジスターを限りなく大量に集積してSOCをつくることを進めてきた。とどまるところを知らないプロセスの微細化がコストを安くする道であるということを経験して進んできた。これは益々大量の半導体を量産し、売らなければならないという悪循環に陥ることになる。これがコモディティ化になることは言うまでもない。

そして更に、製品のモジュール化のもとに、基幹部品としてのシステムLSIやOSが開発されそれが標準品となり、そのレファレンスデザイン（チップセット、ファームウェア、APIなどが標準的な設計ソリューション）が市場に外販されるようになると、殆どのケースでコモディティ化に陥っていった。そうしたシステムLSIは、更により先端プロセスを使ってコストを下げようとすると、ますます膨大な量の半導体製品を売らなければならないという悪循環に陥り、それが安売りという自分自身の首を絞めることになる。つまり複雑半導体化した半導体：システムLSIと、単純なプラットフォーム化がコモディティ化をもたらした元凶と言うことになる。

現実にはこうした商品システムの基幹システム

LSIはASSPとして欧米のファブレス・セミコンダクターにより開発され、市場に投入され、これにより多くの商品の組み立て企業の参入を招いてきた。これにより儲かるはずの先端システムLSIが儲からなくなる。そこでより最先端の半導体プロセスを使い、更に集積度を高めて半導体のサイズを小さくし、コストを下げようとする。こうした動きがますます自分の首をしめる悪循環になっていった。大変皮肉なことに、システムLSIの餌食にならない商品システムが価格引下げの難をのがれることになる。こんなハイテク技術のジレンマが起っている。

コモディティ化を克服する道

それではこうしたコモディティ化を克服する道にはどのようなものがあるであろうか。コモディティ化を克服する方法は、言うまでもないことであるが、価格引下げ競争を起すような多くの参入者を引き入れないことである。そしてまたその商品技術を他の企業に模倣されないことである。そのための対策としていくつかの道が考えられる。

a) 基幹モジュールのブラックボックス化

商品システムのなかの優位な基幹モジュールを模倣されないようにブラックボックス化すること、その基幹モジュールの価値をあるペースで付加しながら進化させることである。そして基幹モジュールのあるペースでの価値の進化が他の企業の模倣による生産、供給を困難にする。

先ほど見たコモディティ化してきた電卓、トランジスタラジオ、コンパクトデジカメ、薄型テレビ、DVD、携帯電話、白物家電、パソコン周辺機器などに較べて、通常のデジタルカメラ、家庭用ゲームなどは、価格引き下げ競争の悪循環から逃れている。通常のデジタルカメラは画素数CCDの進化をどんどん進めてきたし、家庭用ゲームはコンテンツ・ソフトの進化、あるいは新しい使い方として学習、健康の増進などという価値を創造してきた。

インテルのMPUもこのブラックボックス化と

言える。このMPUの性能をムーアの法則のペースで進化させて、競争企業の参入を抑えている。自動車と家電とを比較すると家電は価格切り下げ競争が激しいことによる利益率の低下をきたしているが、自動車は比較的価格は安定してきており、したがって全般的には自動車企業の利益率は比較的高い水準を保っている。この違いは言うまでもなくガソリン・エンジンがブラックボックスになり、これが参入障壁になっていた。しかしこれから出てくる電気自動車になると、モーターはガソリン・エンジンに比して、格段に参入障壁が低くなる。したがって電気自動車の場合、他の効果的な戦略を持たなければ、価格引き下げ競争になる可能性が高い。

基幹モジュールと言う意味ではデジタルカメラのCCDの他は、DVDの光ピックアップ、カーナビのジャイロなどがブラックボックス化による進化で、価格競争を抑えている。模倣企業を寄せ付けないようにその基幹モジュールも或るペースで価値的に進化させることが必要になる。これを「タイム・ペーシング戦略」という。

b) 意味的価値の創造

物理的価値を中心にその拡大競争をしていると、この次元の内容は誰にとっても明確であるために他の競争相手もすぐ模倣することが出来、終わりのない価格切り下げ競争になる。

そこで誰にでもすぐ模倣できないような、消費者に対して何らかの意味を創造しなければならないようになった。消費者に「こんなことが出来るなんて知らなかった。これは素晴らしい」あるいは「これなんだよ私が欲しいと思っていたのは」と言う気持ちをあたえるものである。「こだわり」、「自己表現」、「愛着」、「便利性」、「五感への訴求」、「新しい意味」、「解釈」、「読み」を消費者に与えるものである。

最近のアップルのiPhone、iPod、iPad、初期のパソコンなどの商品の価値がそれである。あるいはゲーム機で任天堂が開発したWii、またはかつてのソニーのウォークマン、あるいはフォード

のモデルTもその範疇に入る。iPodは曲目のシャッフル、メモリーの使い方を工夫した大きな起動力の感覚、スクロールホイールのクリック可能な直感的な操作性、デザインのファッション性などの価値があり、これはこれまでのような機能的な、物理的な価値とは違った、使う人にとってのワクワクするような「意味的価値」を与えている。

概して日本の商品は機能的価値、物理的価値あるいは機能的便益を与えるもので人間に対してある意味、ある感情、ある体験的価値、ある喜び、エキサイティングな感じを与えるものではないと評価されている。日本の自動車は故障のない、安心して走る、止まるといふ自動車の基本的な機能を提供してくれるものであるが、自動車に対するある意味、加速感、快適なコーナリング感、人間の存在を高めてくれる経験的価値を与えてくれるものではないという評価である。その日本の自動車が品質欠陥を出してしまったので、機能的価値、物理的価値も最近著しく損なわれてきたのであるが。

筆者は以前「ディスラプティブ・イノベーション論」(四国大学経営情報研究所年報 第14号)で、新しい市場を創造するイノベーションの形を明らかにしたが、そのコンセプトとこの「意味的価値」とは深く結びついている。意味的価値の創造も、これまでの商品のドメインではなく、それとは違った新しいマーケットを創造するものでなければならない。ディスラプティブ・イノベーションでは、新しい市場のコンセプトとしてその意味的価値の創造が重要な要素となるということである。

こうした意味的価値の創造に注力しはじめたのは、基幹モジュールのシステムLSIによって、誰でも同じような商品が出来るようになることから脱却しようとしているからである。つまりエクセレントな完成品企業は価値の創造の主体を上流の工程に移動して行き、こうした意味的価値を創造するようになったのである。しかし依然として物理的価値、機能的価値のレベルで奮闘している

企業はますます価格切り下げ競争の苦境に陥っている。

c) キーデバイスのカスタマイズ可能な ASSP

基幹モジュールであるシステムLSIは、通常ASIC (Application Specific Integrate Circuit) という形で、そのアプリケーションに特化した専用の半導体である。微細加工が進めば進むほど、開発費が幾何級数的に増大し、45ナノプロセスでは数十億円かかる。これから商品が伸びるであろうと言うものでも、企画の最初の段階でどれだけの量の商品が売れるか分からないことが殆どである。しかしこのような膨大な開発費のかかるASICというシステムLSIを造るからには、その膨大な開発費を回収できるように膨大な量の半導体を売らなければならない。したがって一社ではなく多くの企業にこれを買ってもらうために、最初から、多くの参入企業を想定してビジネスを始めなければならないので、価格切り下げ競争になる。そのためにより多くの参入企業に買ってもらうために、ASSP (Application Specific Standard Product) が開発された。つまり或る分野でいろいろの企業が同じ半導体を使ってもらえるように、いろいろの機能を詰め込んだ半導体である。携帯電話、テレビなどの同じアプリケーションでもいろいろの使い方に対応できるような汎用の半導体である。これにより多くの参入企業に使ってもらえるので、その生産量が格段に増えた。

ASSPの供給企業としての有力なファブレス・セミコンダクターの戦略は、その半導体を安売りしないでビジネスをしている。それはソフトを含めた周辺の半導体をプラットフォームとして提供しているからである。つまり基幹モジュールとその周辺までのソリューションという全体を供給するという戦略の強みでビジネスしているからである。そのためにはシステムというアプリケーションのR&D投資をしているからである。それは欧米、アジアの企業で、残念ながら日本半導体産業ではない。ブロードコム(通信基地局)、エヌビ

ディア (画像技術), マーベール (画像, 通信), メディアテック (テレビ, 画像), クアルコム (携帯電話), TI, シリコンイメージ (TV 画像), トライメディア (TV 画像), インテル (PC), TI (通信, 画像) などがそれである。

しかしこの ASSP も万能ではなくなってきた。ASSP は, いろいろの使い方に対応できるように, つまりいろいろの機能を詰め込んでいるために, アプリケーションによっては使われない機能が無駄になっている。しかし問題は同じ ASSP を多くの企業が使い, その差別化ができなくなり, 価格切り下げ競争になる。

この半導体システム LSI のジレンマを解決しようと最近「カスタマイザブル ASIC」, 「カスタマイザブル ASSP」と言うものを開発しようと言う動きがある。つまり或る特定のアプリケーションにカスタマイズするコストを大幅に削減できる半導体のアーキテクチャである。開発費を比較的安く抑えられるので, 無理をして多くの半導体売らなければならないという制約から逃れ, しかも他との差別化が可能となり, 価格切り下げ競争に走らず, 市場に提供することになる。すでに試みられたある技術は失敗して市場から退場しているが, これから更にいろいろの新しいコンセプトで開発が進むであろう。この分野で日本半導体産業の貢献が強く望まれる。

まとめ

以上考察してきたように, 世界的に商品のコモディティ化が進んで, そこに低賃金の国が安くモノを造るという中国, インドの産業活動が活発になり, 世界はデフレ・スパイラルに落ち込み, リーマンショックの大不況から脱却できずにいる。このコモディティ化は, 商品の複雑化, 基幹モジュールのシステム LSI が絡んで, 益々深みにはまっている。その嵐をどう切り抜けていくかが喫緊の課題であり, 特に日本産業はモノ造りを上流の商品コンセプトとしての「意味的価値」を創造できるものに変革しなければならない。これにより, これまでとは似て非なる新しい市場を創り出し, 価格切り下げ競争からの脱却に真剣に取り組まなければならない。

参考文献

- 青島矢一, 武石彰, マイケル・A・クスmano, メイド・イン・ジャパンは終わるのか, 東洋経済新報社
- 湯之上隆, 日本「半導体」敗戦, 光文社
- 図は Mirabilis Design Inc.による