

第7回国際マイクロマシンシンポジウム特別講演



「マイクロマシンとビジネスモデル」

東京大学 先端経済工学研究センター 教授 児玉文雄

はじめに

ご紹介に預かりました児玉でございます。今日の話題は「マイクロマシン」と「ビジネスモデル」という二つの言葉ですが、何か全く関係の無い言葉が繋がっているという印象を受けると思います。実は、マイクロマシンセンターとは多分5年以上はお付き合いしたと思うのです。それぞれのマイクロマシンの技術的問題は、専門の先生方が行うので、その需要予測とか、経済効果とか、訳の分からない事項が私の所にお鉢が回ってきた訳です。

5年前を考えて頂くと、当時こういう技術のマーケットとはどんな所か、科学的に分析することが非常に難しかった訳です。そこで先ず新市場の予測を行おうということになった訳です。そうすると何か数字は出できますが、その根拠がどうも怪しいということで、新市場というだけではまずいのではないかと。それでは新しい産業を創出するという形で考えたかどうかと言うことで、当時流行した言葉の「新産業」との関係を考えて見た訳です。そうするとこれはまた言葉は良いのですが、実際に分析という意味では非常に難しい。

マイクロマシンというのはいろいろあると思うのですが、基本的には要素技術だとすると、その様々な使い方を、従来にない使い方を、ねらえば良いのではないかと。言うことで、新しい利用方法の開発を考えてみた訳です。本当に利用してくれるかどうか判らない。そうすると基本的にそれがビジネスとして成立するような利用システムと結び付けていく必要がある。あるいはそのマイクロマシンの技術が大変な技術だとすると全く新しいビジネスモデル、ビジネスモデルと言うと非常に小さな感じがしますが、産業を成立させるようなビジネスモデルということで、我々は、最後に「産業ビジネスモデル」という奇妙な言葉を実は創り出しつつ分析してきた訳です。そしてその結果がこの題の「マイクロマシンとビジネスモデル」になった訳です。このことは報告書に詳しく述べられています。これは専門家が結集し、それぞれのセクターごとに分析を行った報告書です。それについては、報告書を読んで頂くのが一番早いと思います。

今日ここでは、先ほど言いましたように紆余曲折を経てビジネスモデルを創出する必要があるのではないかと。いう結論に至った経緯・背景についてお話ししたいと思います。その背景にはやはり技術革新の流れに大きな変化があったのではないかと、特にその技術革新と産業創出、あるいは産業構造を変えて行く。あるいは産業が創出さ

れて、産業構造が変わることでまた技術革新の方向が変わって行くという相互作用が、大いに関係しているのではないかと。この事について私が研究してきたことと考えを述べてみたいというのがこの主旨です。

マイクロマシン・システム

新しい産業を創り出したと、或いは日本がある意味で主導権を持ったと、或いはマイクロマシンの故郷ということになりますとメカトロニクス革命というものがあるのではないかと。実はメカトロニクスという英語そのものが日本人による造語でして、日本がかなり主導権を取った技術革命であったと言える訳です。メカトロニクスとかオプトエレクトロニクスと言うように、従来は全く違う種類の、違う分野の技術だと考えられていたものが巧く組み合わせられて、その組合せ以上の効果を発揮したというのがその本質だと思います。そういう意味で異種類の技術が融合する技術融合、technology fusion (テクノロジーフュージョン) という言葉を創り上げた訳です。

そういう形で技術が進化した訳ですが、全体の統合性を重要視する方向で進んできた産業がPC革命によって、具体的にいいますとインテルですが、MPUという一つの要素を供給するメーカーが完全に主導権を取ってきた状況が生まれてきました。この状況を見ると大きな技術の変化が起きたのではないかと、これをdigital convergence (デジタルコンバージェンス) という言葉で説明しますが、それが進んできたと思うのです。それはPC産業に起きた特殊なことで、いわゆるモジュール化が進展して、モジュールの提供者が技術開発等において主導権を握ることになり、そのモジュールを組み合わせれば最終製品に結びつくという話であったと思います。PCにおいてはそういうことが起きた訳です。

しかし、いわゆる機械、機械した機械産業で同様なことが起きているかということに様々な意見があったのですが、実は自動車産業等を調べてみるとそれが進んでいたのです。進み方はPC産業での進み方と多少違いがありますが、いわゆる機械系産業においてもモジュール化が進展してきました。従ってマイクロマシンの市場を考える時にマイクロマシンをベースにした新しいシステムという意味で、micromachine-based system (マイクロマシンベースシステム) という言葉を作り上げた訳です。そういう体系でものを考えた方が良いのではないかと。いうことでいろいろ研究を進めた訳です。

そこでそういう考えで将来を予測しようとした訳で

す。たとえば2010年と2025年にそれぞれどういう事が起こるかを予想しようとした時に2010年は従来通りの形で起きるとしても2025年というのは全く新しい利用形態を考えなければ中々予測も出来ないことが判りまして、マイクロマシンを使った新しい産業を考えたのがビジネスモデルです。

技術融合

まず、mechatronics revolutionですけれども、これは日本人が造語した言葉で、1975年に日本人によって造られた訳です。実はその頃もう一つ大きな動きがあって、日本の国際競争力はドンドン増してきているが日本のオリジナルのcontributionは何か、という問題や疑問を投げつけられた時代です。特にアメリカにおいて、どこの国がinnovativeで、技術革新能力はどこが凄いかを比較する調査を米国政府がいろんなところへ出した訳です。最初の調査はゲルマン調査と言い、各国のinnovativenessを評価したもので、その方法として1953年から73年の期間で、radicalな技術突破という事例を100個取り上げて、どこの国によって成されたかという調査を行った。アメリカが65、日本は僅か2、イギリスは25ということで、日本の国際競争力は市場においては強いようだがやはりradical breakthroughという観点で見たら100の内2つであり、やはり日本は物真似の国に過ぎないという結論を出していた訳です。

ところがもう少し客観的に調査しようということになり、ナリンという人に委託した調査では1975年から85年に登録されたアメリカでの特許をデータベースにして、国別のシェア等を見てみると日本のシェアはどんどん大きくなっている。しかもハイテク寄りのところで非常に強さを発揮していることが明確になった。それと同時に特許の質を見てみると、アメリカでは特許の引用情報がしっかり管理されていて、その特許のフロントページにその引用情報が完備していて、それを使うとある特許が他の特許によってどれだけ引用されているかということが判り、引用回数が多いということは、どれだけ基礎技術であったかということが判る訳です。非常に引用の多い特許群、例えばそれがトップ10パーセントだとすれば、そこに入る割合が、米国人出願の特許においては極めてrandom（ランダム）です。日本人出願の特許においては全くランダムだと考えるよりも、引用される頻度が多い特許群に属する確率が37パーセント高いということが判明した。すなわち、日本人により出願される特許は引用されることの多い特許群に属し、基礎的なものであるということになる訳です。この結果、日本はゲルマン調査での最後の地位からナリン調査での一番上へと、僅か10年の間に飛躍した訳です。

ここにおいて新しい技術概念があったと考えられる訳です。それが基本的にはメカトロニクス革命というものだと思うのです。例えば、工作機械の生産数を見ても最初日本は4位であったものが僅か10年足らずで

倒的な1位に飛躍した訳です。わずか10年の間でそれだけの事がおきたと言うことは、ご存知のように工作機械におけるNC化が大きく進展した。メカトロニクス革命が進展することによってこれだけ飛躍した訳です。

同様な技術としてオプトエレクトロニクスという言葉があります。これも異種類の技術が融合したものですけれども、これは1986年にFORTUNEがそれぞれの分野において何処の国が一番強いかを示すスコアボードを出したのですが、容易に想像できるように殆ど米国がトップですけれども、一分野だけ特にオプトエレクトロニクスだけは日本が強い。日本の9.5点に対して米国の7.8点ですから無視できない程の差がある。先ほどの特許の質を評価して、10年の間の大きな変化が判った訳ですが、その変化の裏にはメカトロニクスとかオプトエレクトロニクスとかいう新しい技術概念が出てきて、変化が起きたと考えることが出来る訳です。それらをまとめて技術融合、テクノロジーフュージョンと言うことを私は提案した訳です。それはどういうものかということ単なる異種類の技術だけを組み合わせただけではなく、one technologyが他のテクノロジーに追加されて単純和以上のsolutionを提供すること、即ち1プラス1が3に成る。これはHarvard Business Reviewというmanager向けの雑誌が、かなり激しい言葉で新しいものであることを強調したのから引用しました。

モジュール化の進展

しかしその後、かなり大きな変化が起きた。例えば1980年頃、computer industryは、どうかと言うとvertically-integrated firmとして、IBM、テック、富士通、NECがお互いに競争していた訳です。自分でチップを作り、プラットフォームを作り、ソフトウェアを作り、アプリケーションを作り、自分のdistribution outletで販売した。こういう非常にverticalにintegratedした形の産業構造であった訳です。

それに対して95年からはhorizontalなcompetitionに移行した。即ちシリコンにおいてはインテルとモトローラが競争する。マトリックスディスプレイにおいては、シャープ、NEC、DTIが競争する等々。そして、コンピュータメーカーは、種々のセグメントから、いろいろ持ってきてそれを組み合わせるといった形になってきたと、こういう大きな産業構造の変化が起きてきた訳です。NEWS WEEKが1999年に、次のcenturyの大きな変化は何かと、という特集を行い、私とそのインタビューを受けて、私が言ったことは、アナログの世界では、物事を結び付けるのは簡単ではないが、デジタル化においてはevery possible combinationができて、それが単純和以上の事を発揮できるんだと、こういう時代に突入しているということをコメントした訳です。そういうことでテクノロジーフュージョンからデジタルコンバージェンス（digital convergence）への変化というものが見られる訳です。

私の研究室で、モジュール化がどれだけ進展している

かを計ろうということになりました。様々な方法があると思いますが、ここではpatent application、即ちPCの4つの分野について、CPU、メモリ、ディスク、IOデバイスに分けてパトリス（PATORIS）という特許データベースがありますから、そこで検索をして各分野の assemblerが、（component supplierではなく）特許を出願した割合、アッセンブラーがどれだけ技術開発のリーダーシップを取っているかを計測しました。それぞれの分野についてアッセンブラーのシェアを見てみると一方的に減っている。総ての分野において一方的減っているということです。ということはモジュール化が進み技術開発の主導権がそれぞれのモジュールサプライヤーに移って行ったと、それがPCにおいて起こった。それは先ほど示したパーティカルからホリゾンタルへの産業構造の変化を反映している訳です。

機械産業では、お互いの擦りあわせが必要であって、そんな簡単にモジュール化が起きないという意見が多かったので、具体的に自動車産業において同様の分析を試みたわけです。即ち自動車産業の制御関係を4つの分野に分けてそれぞれのパテントの出願率を取りその中で自動車のアッセンブリーメーカー、いわゆる自動車メーカーの割合を計って見たわけです。これは多少複雑な動きをしていますが、4つの分野、エンジン、シャーシー、安全関係、ナビゲーションを含む通信に分けて automotive assemblers のシェアは80年位まではいろいろ上がっているところもあるが、90年代に入ると一方的に下がってくる。ということはモジュール化が進展したと考えざるを得ないわけです。PCの場合は総ての分野において一方的に下がっているが、やはり機械工業には多少違いがあり、自動車の場合1つだけは上がっている。それがエンジンです。エンジン制御においてはむしろ自動車メーカーの割合が増えていると、だからリーダーシップが強化されていると、言える。そういうことでPCメーカーとは違うわけです。

モジュール化を推進するものは広くいえばエレクトロニクス化だと思ふのです。そこで、自動車の各分野において、それぞれのパーツの生産量にしめるECU（electronics control unit）の生産量のシェアを、それぞれ金額でどれだけウエイトを占めているかを調べれば、デジタル化、エレクトロニクス化が各分野でどれだけ進展したかの1つの指標になる訳です。この指標に従えば、エンジン制御の分野においては、デジタル化が進展していないか、どちらかというと低下傾向にあるということが分かったのです。自動車メーカーの特許の出願割合においては、エンジンだけは多少上がっていますので、自動車メーカーのある意味での戦略が窺われる訳で、エンジンの開発にかなり努力を集中し他の分野はなるべくアウトソーシングするという形が反映されている。そういうことでモジュール化が進展している。

総じて言えば、機械工業においてもモジュール化が進展している。そこでマイクロマシンがモジュールを提供

するとすると、その大きなシステムのデザインは何か、と考えたら良いのではないかということです。その戦略はどういう形になるか？ core competenceという言葉が流行させた2人の学者が述べているのは、先ず必要な技術の入手、それらの統合、そして、core productの競争という形になり、最後のレベルが最終製品においてシェアをmaximizeする。ここで出てくるのが、この会場に関係者もおられるかと思いますが、キャノンはレーザープリンターエンジンをアップルとか競争相手にすら販売している。結局その分野におけるマーケットシェアを得ようとして、コアプロダクトもコンペティターに販売する。virtual market shareという言葉を使いますが、言ってみればモジュール化が進展すればそのモジュールの技術開発の主導権を取ることで全体を支配できる競争戦略があるという話をしている訳です。

ビジネスモデルの創造

そしてマイクロマシンテクノロジーの場合、戦略はどうなるかということ、マイクロマシンはコアプロダクトとしてより、コアコンポーネントとしてシステムで考えるべきで、エンドプロダクトではなく、インベンティブなマイクロマシンを上手に利用するシステムの問題であるとする訳です。それはvirtual system of usingでどう使うかという、利用システムの問題であると思うのです。マイクロマシンベースシステム、マイクロマシンだからできる利用体系で考えて見た訳です。実は2年前、私がこのシンポジウムで話をしたのが「マイクロマシンとマーケット」で、今日の話は「マイクロマシンとビジネスモデル」になって少し進歩がある訳ですが、研究会で考えたのがこの一覧表です（表1参照）。内容については、それぞれ専門の方が考えましたので、確かなものだと思っております。例えば、data storage system, printing system, optical communication system, wearable system, micro-inspection system こういうものを考えた訳です。printing system というのは当然新しいプリンターの開発が契機になっている。wearable systemはいろいろ考えられると思いますが、ここでは携帯電話を取り上げます。そこで、プリンターと携帯電話を取り出して、それがどのような形で市場を創出してきたか、産業を創出

Industries	Micromachine-based systems
Information Technology	Data-storage system Printing system
IT Infrastructure	Optical communication system
Precision Instrument	Wearable system
Measurement Instrument	Micro inspection system
Micro Factory	Micro factory system
Maintenance	Maintenance system
Medical and Health	Medical Endoscope and catheter system Personal health support system
Bio Technology	Genetic and DNA analysis system
Environment	Environmental inspection system
Automotive applications	Automotive related system
Life and Household	Electric household appliances system

表1 . Micromachine-based Systems

してきたか、それに違いがあるのか、それが新しい使い方、或いはビジネスモデルを創った話とどう絡んでいるかを、定量的に分析することに成った訳です。

具体的に言うと、ファックスは、従来のコミュニケーション手段を代替しましたが、LCD (Liquid Crystal Display) はアプリケーションを拡大しました。ところがPCというのは、ご存知の様にコンピューターから始まってワープロにいき、インターネットの端末として新しい使い方を開発した。これでいうと明らかにビジネスモデルを開発したと言える訳です。これをそれぞれについて検討して見たいと思います。その新しいマーケットがどれだけ大きく成長したかと言う話は、ご存知の様に logistic model が使われる。時間と共にマーケットの大きさ(生産量ですけれども)が、最終的な潜在需要という上限値に近づいて行く。これがごく普通の従来の機能を代替する新製品としての代替マーケットですね。

それに対して非常に大きな技術革新が起きてユーザーの範囲がワーと広がったものを考えて見ますと、これはロジスティックが2段になっていますので、「2段ロジスティック・モデル」と呼びます。ある時期まではある上限値に向けて近づいていものが、大きな技術革新が起きて、マーケットのサイズがバンと飛躍的に大きくなった。直ぐ想像できるのは、プリンターですね。インクジェット、パブルジェット、或いはレーザープリンター、特にインクジェットは、はっきりしておりますが、office useであったものが家庭用に一気に使われ、しかも写真というか絵を印刷する。従来の文字を印刷するのではなく、絵を印刷することが考えられる。

次の話は、上限値そのものがロジスティック関数に従って大きくなっていく。これを「2重ロジスティック・モデル」と呼びます。要するに、常に新しい使い方が創出されて、益々その生産量が増える。携帯電話がそうでした、どんどん新しいビジネスモデルが連続的に創られて行くということでございます。

それでそれぞれやってみたらどうかと言う話になった訳です。ファクシミリは単純なロジスティックで、その生産台数はある一定値に近づきました。プリンターはどうかと言いますと、2段ロジスティック曲線に従う。プリンターはご存知のように字を印刷するもので、しかもオフィスでの使用に限定されていたのですが、レーザープリンター、インクジェットプリンターが80年の中頃に出てきて、それと同時に精度も増し、カラープリンターができ、明らかに一段の飛躍があった。

マイクロマシンベースシステムが新しいビジネスモデルを創って行くと言うことであるならば、絶えず新しいビジネスモデルを創出していくことが必要なのではないかと思えます。ごく最近の事例としては、携帯電話の実際のデータと回帰したものを見ますと、2重ロジスティック曲線に従っている。すなわち、上限値が常に増加している。言ってみれば、マーケットサイズが連続的に拡大して行った。ある意味で、これはビジネスモデ

ルが常に創られているのではないかとということです。

おわりに

研究会では、マイクロマシンのプリンターシステムというマイクロマシンベースシステムについて様々勉強したのですが、ビジネスモデルとしてはプリンターが家庭にしながら、これが欲しいと言う時にプリントする on demand printer system というものがビジネスモデルとして考えられる(図1参照)。それから2025年には order made printer system と、個人の好きなように、好きな模様を、好きな形で、紙だけではなく、好きな所に、プリントしてくれるというビジネスモデルが25年には考えられるだろう。それに必要なシステムはどのようなものであるか、テクノロジーとしてはどのような開発がなされねばならないかという具合に、研究会のメンバーにそれぞれ考えてもらいました。それで結論としてはやはり将来の技術開発を考えますと、特にマイクロマシン技術は、やはり世の中を変える位のことを考えて技術開発を進められるのが良いのではないかと。そういうことになりまして、図2に示すように、industrial business model を想定し、そこから技術課題を探し、それにチャレンジしていくという方向が将来は考えられるし、また可能であるし、有効なのではないかと、こう思っている次第でございます。ご静聴有難う御座いました。

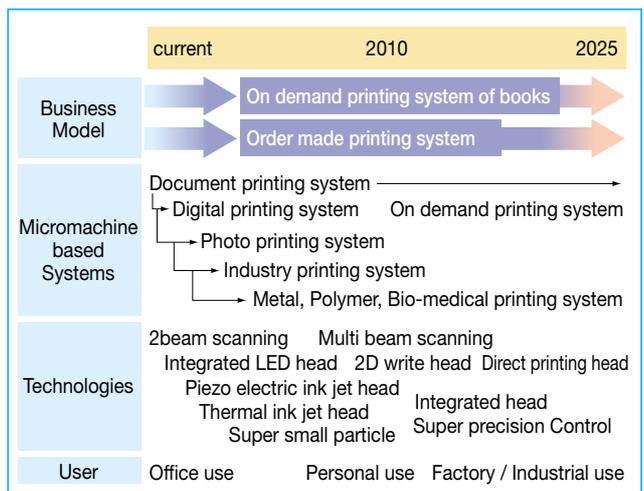


図1 . Micromachine Technologies for Printer Systems

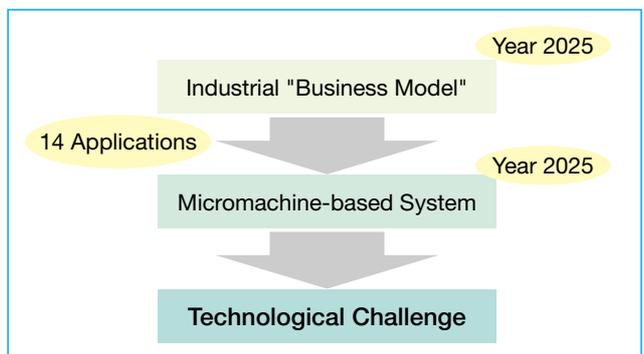


図2 . What is technological innovation in future?