

企業の技術開発

The Technology Development by Enterprise

黒川 兼行*

Kaneyuki KUROKAWA

1. はじめに

企業の技術開発という題ですが、企業の研究所の技術開発について話させていただきます。まず企業の研究所についてお話しし、次に研究と開発の差を議論し、開発について注意すべき二三の事項、危険分散と集中、優雅な成長について述べ、最後に日本の直面している重大局面について私の考えるところをお話しして、責任を果たしたいと思います。

2. 研究所の役割

まず、企業の研究所とは一体何をする所か、この間に答えるために企業の研究所という組織が作られる過程を考えてみましょう。事業規模が小さい創業時には、設計、製造、販売といった仕事の分担はあいまいで、誰がといわずともかく商品を作ってお客様に買っていただかなければなりません。しかし、その企業が世の中に役に立つなら、次第に事業規模が大きくなり、仕事に従事する人の数も増え、上の三つの仕事、設計、製造、販売が分担されるようになります。企業内の各人からみれば、三つの仕事のうちいずれか一つに専心することになるわけです。というのはこうするほうが、インターフェイスという複雑な問題の発生による負の要因を考慮に入れても、専念することによる利点のほうが大きいと考えられるからです。

さて事業規模が大きくなりますと、それに比例して企業の社会的責任が増大いたします。つまり、お客様、株主、そして従業員のために企業は永続して繁栄する必要があります。このことは、もし会社が倒産したらどうなるかを考えていただければわかると思います。会社がつぶれると、お客様は購入した機器の保守や更新ができなくて困ります。株主は投資の回収ができなくなって損をいたします。そして従業員は路頭に迷うことになるわけです。だから、会社というものは社会に対し繁栄してゆく責任を負っているといつてよいと思います。さて、この社会的責任を果たすためには、今日の需要を満たすだ

けでは不十分で、明日の需要にも対応できるようにしなければなりません。そこで明日の準備に専心する人が作られます。これも分業の利点を出すためです。ところが、どんな企業でも今日の仕事に全く問題が出ないというわけにはいきません。そして今日の仕事に問題が出ると、その解決のために真っ先に動員されるのが、明日の準備をするはずの人たちです。それ以外の人たちは今日の仕事に従事していて手はなせないからです。そんなわけで、明日の準備をする人と、今日の仕事をやる人と同じ組織の中においておくと、明日の準備をするはずの人が度々今日の仕事に動員されて、結局、明日の準備に集中して頭を使うことができなくなって、明日の準備がなごりになってしまいます。これでは企業の社会的責任を果たせなくなってしまいます。

設計、製造、販売とは別に研究室とか研究部とか呼ばれる部門が企業内に作られる理由は、明日の準備をする人と、今日の仕事の間に人為的な障壁をもうけて、少々のことでは明日の準備をする人たちが今日の仕事のために動員されてしまわないようにするためです。こうしてできた研究部門が大きくなったものが企業の研究所です。

さて上述の人為的障壁があまりに高く、企業がつぶれるかもしれないという事態が発生しても研究所の人間を動員できないというのでは論外であります。しかし障壁があまりに低くて度々動員されるようでは何のために別組織を作ったかわからなくなってしまいます。もし明日の準備をするはずの人たちを今日の仕事のために度々動員しなければ企業が駄目になってしまうというのなら別組織を最初から作らなければよかったのです。

3. サービス部門

研究部門は別組織になった途端に、企業内でサービス部門と呼ばれる人事、勤労、厚生等と同じように予算で運営され、事業部門の goodwill によって支えられることとなります。サービス部門は国や自治体のお役所と同じように、短期間の成果を数量的に表現することが極めて難しいという点で共通しています。現在はどうか知りませんが、一昔前、お役所の幹部は、いかに多くの予算

*東京大学生産技術研究所 第1部

を獲得したかによってその力量が評価されました。成果はずっと後にならないとわかりませんから、ともかく定員を増やしてお金をたくさん使ったほうが、たくさんの仕事をすると周囲からも部下からも高く評価されてパーキンソンの法則が成立する要因を作りました。パーキンソンの法則というのは、お役所は必要な仕事量と無関係に大きくなるものだというを英国の海軍省を例にとって証明したものです。

研究所を含めてサービス部門がいわゆるお役所仕事にならない唯一の方法は、部門の構成員一人一人が厳しく自己の行動を律することだと思います。時定数が長くていわゆる外部からのフィードバックが安定にかからないからです。これが事業部門とサービス部門の根本的な相違点だと思います。予測が難しい明日の準備であるために、研究所で働く者は他部門と比較にならないくらい智恵と工夫と判断力が要求されます。今までこうやってきたのだからこれでよいとか、よそと同じだからよいとか、こんなに努力したのだからこれで勘弁してもらおうという態度は許されません。

また、事業部門の goodwill に支えられているといっても、事業部門がこれもあれもやって欲しいというのを鵜呑みにして全部やろうとしたらうまくゆきません。断るものははっきり断る必要があります。力を分散してしまっは何もできなくなってしまうからです。

goodwill をもってもらわなければならない事業部門からの依頼を断るのはつらいはずですが、しかし、目先の苦痛を先延ばしにして、苦しみを増大させ、結局、事業部門にも迷惑をかけるようなことをしてはなりません。

4. 研究と開発

さて、次に研究と開発の差についてお話ししましょう。Research and Development を研究・開発と訳していますから、Research の意味を考えてみますと、今まで知られていなかったものを見いだすとか、今まで無かったものを創り出すという意味をもっています。これに対し Development は、すでにあるものを発展させる、あるいは改良するという意味をもっています。実際には開発を行って研究が必要になったり、研究をしていて開発に移行したりしますから、Exploratory Development とか、Applied Research といった中間的な言葉もよく使われます。さて、日本語の研究は研ぎきわめると書きます。これは心を研ぎすまして極限に達するという事です。つまり、深く考える、精神集中することの意味し、Research をやっている人の状態を表現しています。

どんなにさいいなことでも、今まで知られていなかったものを見いだしたり、今までなかったものを創り出すためには、心を研ぎすまして極限に至るという表現がふ

さわしいと思われることが起こります。この際の精神集中は人に物を習っているときの集中とはレベルの違う集中です。集中して考えれば体をこわすことすら不思議ではありません。日本の大学受験生の70%が胃腸の障害を訴えるといいますが、受験は人から教わったことを理解したり、記憶したりするといった次元の話です。研究における精神集中というものはとてもそんな次元のことではありません。もっともっと強烈な集中が必要でうっかりしているとたちまち体をこわす種類のもです。逆に体に影響するくらい深く考えなければ研究の成果はあがるはずがないと思っております。寝食を忘れて研究に没頭するという表現がありますが、たとえ寝たとしても夜中に飛び起きて夢の中で考えたことを書きとめるといったことは研究者にはごく普通にあることですし、また、食べて頭を使っているとたちまち消化不良を起こすはずですから、食を忘れるということは、深く考えていて病気になるための必要条件なのです。もちろん十分な条件ではありません。そして研究の最後のところは体力できまります。つまり体力がどこまでもつかという競争なのです。

SBS という会社が大変難しい条件の機器の開発を富士通とハリスという会社に依頼したことがあります。つまり二社の開発競争です。だんだんやってゆきますと今まであるフィルターの理論からはどうしても条件を満たすことができないことがわかり、ブレイクスルーが必要であることが明らかになりました。つまり研究が必要なのです。ところがこれを担当していた私共の若い技師が文字どおり寝てもさめてもこの問題を考えてくれまして、とうとうブレイクスルーをおこし、そのおかげでハリス社に打ち勝って大量受注ということになりました。二年ほどして会社が彼を表彰しましたが、その表彰のお祝いの席上、彼がなにげなく当時をふりかえって「当時フィルターのことはばかり考えていて自分自身頭の天辺から爪先までフィルターになってしまったような気持でした。」と言いました。研究にはまさにこういったことが必要なのです。つまりそればかり考えていて自分の体全体がそれだけになってしまうということが必要です。

研究に対して開発では異なった局面に心をくばらなければなりません。ユーザの反応、他社の動向、自分たちの得手、不得手といったものを考え合わせ、これを開発すると決めたら皆で力を合わせて、たくさんの問題を系統立てて一つ一つ解決し、それを統合して一つにまとめることが必要です。研究ではいろいろなことをやってみることが重要ですが、開発では集中することが重要です。そこで少し分散と集中のお話をしましょう。

5. 分散と集中

個人が投資をするときは、危険分散のために何か所か

に分けてするのが分別あるやり方です。たとえば一社の株式に集中投資し、その会社の業績が悪化すれば、せっかくの蓄えを減らしてしまうからです。英語で“Don't put all your eggs in one basket.”という諺のとおりです。バスケットを落とすと卵が全部われてしまいます。

一昨年 11 月に世田谷の電話局で火災があり、三菱銀行のコンピュータセンターへの回線が通じなくなり、全国の三菱銀行でお客様が迷惑をこうむりました。センターを 2 つの電話局に結んでおけばこのようなことを防げたという新聞は報道していました。実は大和銀行のセンターも世田谷局に結んであったのですが、大和銀行は大阪にもセンターをもっておりましたので被害を半分に留めることができたということです。

このように他人のやることに自分の運命をゆだねなければならないときは、危険分散ということを十分考慮して行動しなければなりません。

しかし、自分で、何かを追い求め入手しようというときは、この危険分散という考え方が目標達成の邪魔をいたします。二兎を追うものは一兎をも得ずという諺がありますがそのとおりになってしまうことが多いのです。皆さんは大学の受験競争に打ち勝ってきた方々ですからよくおわかりかと思いますが、自分の入りたい大学が 2 つあってその入試科目が一致していれば結構ですが、科目が異なるときはある時期にどちらか一方の大学に決めて、それに集中して勉強しないと集中してやった人たちに後れをとってしまいます。

同様に、開発というものは自分たちがやるもので、他人にその成否をゆだねるものではありません。自分たちでやるところについては危険分散という考え方は棄てて、集中することが重要です。岩を砕くとき、先のとがった道具を使います。刃物は研いで使います。いずれも力を集中するためです。切れない刃物を 2 つ持ってきても切れる刃物の代用はいたしません。開発競争に勝つためには力を集中しなければなりません。集中しない力が 2 つあっても役に立ちません。開発では目的達成にいくつかのやり方が考えられる場合が多いのです。こういうときできるだけ早くやり方を一つに絞り込む必要があります。絞り込みは相当程度頭で考えただけで行えるものなのです。しかし、時にはある程度の実験をしてみなければ優劣をつけ難いこともあります。この時は曖昧さを減らすということががすなわち成果であるという物の見方を徹底させ、目標達成よりも絞り込むことに重点を置かなければなりません。絞り込むためには判断が必要で、判断をするためには何が足りないかを考え抜いてそれを実験と考察によって求めるわけです。そして判断資料が得られたら 100% 確実でなくても早く判断して絞り込むのです。100% 確実になるまで待っていたら絞り込めないのが普通で、絞り込んだ他社の開発グループに後れをとってし

まうことはほぼ確実なのです。それなのに自分の受験のときはある所でみきりをつけて集中したはずの人たちが会社のことになるとなかなか判断がつかないのは不思議に感じるくらいです。特に開発に使える予算や人員に余裕が少しでもあると、グループとして危険分散をやりたくなるのが人情であるようです。グループ内の個人個人はそれぞれ一つの問題に集中しているという理屈をつけるようです。しかし一つのやり方が実用化されると他は不要になるにもかかわらず、いずれかがうまくゆくだろうという期待のもとに同時に複数のやり方を進めつつけるような危険分散を企ててはなりません。こんなことをするとグループとして危険分散どころか他に後れをとってしまう危険が増大してしまうからです。

同じグループ内の他のやり方の成功が自分のやり方の実用化を妨げるかもしれないと無意識にでも感じると人間というものには気が散って精神集中ができなくなり、極端な場合は技術者にふさわしくない策をろうするようになります。あるいは逆にかばいあって結論が出ないということになります。技術者にふさわしくない策というのは技術的な理由と無関係に自分のやり方がよいと声を大きくして主張したり、成果と無関係に開発費を要求して立派な設備をそろえて自分の優位性を誇示するようなことをいいます。技術者にふさわしくない策をろうしたり、かばい合う余地のない状態での危険分散は社会が常に行っており、これを自由競争と呼びます。たとえば異なる会社が同じ目標を独立に追求すると一見無駄にみえても社会全体の受ける純益が増大します。こういう競争がないとあるべき進歩が止まってしまう、世の中が停滞して社会全体の損失になります。これに対し、同じグループ内での自由競争はほとんど不可能で、意図したとは逆の結果になることが多いのです。その上、たとえ複数のやり方に成功したとしても一つをのぞいて他は無駄になってしまいます。開発では集中することが大切です。

以上は一つの目標があってこれに到達するのにいくつかの道がある場合ですが、いくつかの目標があってどれを開発するかを決めるときにはどうしたらよいのでしょうか。開発をするときあらゆるものを開発しようと思っただけでは駄目でやはり開発目標を絞る必要があります。当然絞るときには将来大きな市場に成長してゆくものを残したいわけです。優雅な成長というのはいくつかの開発対象があってその中からいずれかを選ぶかというとき参考になる考え方だと思いますので少し説明いたします。

6. 優雅な成長

優雅な成長というのは既存技術に比較して幼稚な段階で市場に入り、市場の批判と激励を受けながら市場の要求に答える形で大きく成長することをいいます。技術には明らかに 2 つの種類があって一つは優雅な成長ができ

る技術、そしてもう一つは優雅な成長が困難である技術です。これを見分けることが大切です。というのは次のような理由からです。

昔は発明者と開発者が同一個人であり、小さな開発投資で市場に入れないような技術は簡単に葬り去られてしまったのでよかったです。最近では企業や公共機関に属するものが発明を行いこれを商品として市場に出すための開発は企業の別の集団が行う場合が多くなり、市場に入るための開発に昔と比較にならない膨大な投資ができるようになったのです。しかし、副作用として優雅に成長できない技術の開発にばく大な投資をして結局は失敗してしまうという危険も増大してきたからです。こんなことは、ちょっと考えてみればすぐわかることなのですが、IBM のジョセフソンコンピュータからの撤退、ベル研のピクチャーフォーンやミリ波導波管伝送からの撤退を含めて、私の知っている範囲でも前車の轍を踏んでしまう例があまりに多いように感じられます。

トランジスタ効果の発見を原点とする半導体技術は優雅な成長の代表例です。トランジスタ効果の発見は 1947 年の末、トランジスタが発表になったのは 1948 年ですが、その時点では実用的に音声周波数の増幅がやっとだったのです。当時既存の真空管では音声周波数ばかりでなくラジオ周波数、短波、超短波、極短波に至るまで安定に増幅できる状態でしたから、多くの人はトランジスタなど役に立たないと考えました。増幅できる周波数帯域が狭い、ちょっとした機械的ショックでもこわれてしまう。トランジスタを働かせるための電圧は真空管のそれと比べて極端に低くて、真空管回路に組み込んで使うことが難しい。静電気によって容易に破壊されてしまう等々散々でした。つまり、既存の技術に比較して幼稚な状態にあったわけです。それにもかかわらず、装置が小さくなって軽くできるという理由で、まず補聴器に組み込まれて市場に入りました。補聴器なら音声周波数だけ増幅できればよいわけです。次いで周波数帯域が少し広がるとすぐポータブルラジオに組み込まれベストセラーになりました。

こうしていったん市場に入りますと、使用者からのフィードバック、つまりもっと安くして欲しいとか、もっとこわれないようにして欲しいとか、あるいはもっと大きなスピーカーを鳴らせるようにして欲しいという要求が出て、この要求にこたえるために技術者は懸命になって働きました。トランジスタを作ればもうかるということで投資も積極的なされました。技術の改良に投資が必要なことは説明を要しないと思いますが、それと同じくらい重要なのが市場の声に耳を傾けて技術者が奮い立って仕事をするという点です。優秀な技術者というものには上司の言うことなどは聞きませんが、市場の声はニュートラルですから耳を傾けます。

さてこうして技術水準が次第に向上すると共に、トランジスタは通信機やコンピュータにも使われるようになりました。こうなると数個のトランジスタをまとめて使うことが多くなり、1 個 1 個別々に組み立てるより、数個あるいは数十個まとめて半導体上に作ってしまったほうが便利だということで集積回路の考え方が生まれました。集積回路にしてみますとハンダ付けの個所が減少するために、信頼性が高くなるということが偶然わかって、軍用に多量に使われ、次いでコンピュータにも使われるようになりました。

メモリーについていえば、1 K ビットから始めて、4 K、16 K、64 K、256 K と進んで現在は、1 M ビットになっていますが、各段階でそれぞれ需要があり、徐々に技術が進歩したのです。この際もし 1 K ビットのメモリーができたとき、次は 4 K~256 K を飛ばして、1 M ビットのメモリーを作ってくれなければ使えないといったら、多分技術はそこで止まってしまっただろうと考えられます。というのは、市場からの絶え間ないフィードバックを受けることなしに 1 M ビットの技術開発に必要な膨大な投資を行うことが困難であるばかりでなく技術者もその技術的困難さに圧倒されてよい智慧が出なくなってしまったに違いないし、たとえ智慧がでたとしても、手を抜くことなく 1 つ 1 つ試験して、その正しさを検証してゆく忍耐力をもった超人的な技術者がそうたくさんいないからです。こういう理由で、優雅な成長、つまり幼稚な段階で市場に入り、その後はフィードバックをうけて徐々に進歩してゆくというのが大きく成長するための必要条件なのです。

私はもともとマイクロ波のエンジニアでミリ波導波管の仕事をやっていました。つまり 2" 径の銅パイプの中にミリ波を送って 25 万回線の電話を通す開発をやっていたわけです。そして導波管伝送の欠点、つまり当時の既存技術である同軸にくらべて導波管伝送というのは大変高級な技術である。しかも、25 万回線一つにまとまらないと経済性が出てこないということをよく知っていました。そこでコーニングがグラスファイバーで減衰 20 db/km のものを作りベル研のリサーチで常温動作の半導体レーザーができたとき、導波管伝送は優雅な成長が困難な技術、光ファイバー通信は優雅な成長ができる技術であるといって光に切り換えることを提案、何回も何回も上司たちに訴え、とうとう根負けしたのか、副社長の許可が降りて光通信の開発が始まりました。15 年以上も前のことです。3 年前ベル研を訪れますと、当時強力に支持してくれた Director の Gene Gordon という人が「お前が数人で始めた光の開発は今や 400 人以上になっている」と言いながら光の開発施設を案内してくれましたが、さすがに感慨無量でした。

新しく開発する技術の事前評価には、目標とする商品

の効用と費用、それに関連して市場性、販売力、開発費用の調達、技術者の能力、やる気などの開発環境、隣接技術との親和性、目指す商品以外への拡張性等が考慮されますが、これに加えて優雅な成長の吟味を行えば、同じことを別の観点から見ることができ、判断がより洗練されたものになるとおもいます。

7. 問 題 点

最後に技術開発に関連して日本が直面している問題点のお話をしましょう。

新しい物を作り出したり、新しいことを見いだす過程を研究と呼び、すでにあるものを発展させたり、改良することを開発と呼んで区別しました。しかし、改良するといっても改良されたものは今までになかったものですから、新しい物を作ったことになるのではないかという議論があると思います。事実そのとおりです。しかし、改良という場合にはその改良を行った人の頭の中で起こった思考の飛躍が比較的小さくて、その小さな飛躍がたくさん集まった結果として大きなインパクトを与えるという形をとります。これに対し、研究では今まで同じようなことを何人もの人が試みたがうまくいかなかったとか、今まで、誰も試みようとしなかったことを試みて成功したという点で思考に大きな飛躍があると考えられます。この飛躍というか、不連続性の大きさによって研究と開発を分けているといったらよいと思います。つまり、開発ではたくさんの人がそれぞれ小さな寄与をしてその集積として大きなインパクトになるのに対し、研究では一人あるいは少数の人の協力によって一度に大きな飛躍が生じインパクトになるというわけです。もちろんその中間的なものも連続的に存在していて、研究といったらよいか、開発といったらよいかわからないものもあるわけです。しかし便宜上この2つを区別して論じることにしているわけです。

研究と開発のどちらがより価値をもっているかという議論は無意味です。研究の成果の上に開発が可能になりますし、開発がなければ研究の成果は通常役に立たないのです。

日本は敗戦以後商品開発の分野で世界に大きな貢献をしてきました。しかしこの場合、欧米で発明あるいは発見されたものを基礎にして、世の中に直接役に立つものを作り出したのです。欧米の人たちは自分たちの研究成果をもとにして自分たちが開発をしていこうと思っていたのに、あとからやってきてよこどりし、市場を席卷し、自分たちの開発や商売の邪魔をしていると解釈いたします。たしかにラジオもテレビも自動車もそういうことになりました。彼らがそんな風に思うのはもっともなのです。わかりやすい例を半導体技術で考えてみましょう。半導体技術の今日の隆盛は量子力学なしには起こりませ

んでした。もし量子力学がなかったら、半導体で時々散見される現象は、単なるミステリーとして留まっていたと思われれます。それくらい量子力学は半導体技術の発展に貢献しているのですが、日本人は量子力学の形成にほとんど力を貸していないのです。量子力学は特許になりませんから、それでお金が移動するということはありません。この量子力学はヨーロッパの人たちが皆で智恵を出しあって作ったもので人類共有の財産になっているわけです。日本はこの共有財産の形成にほとんど寄与しないでそれを利用したわけです。半導体ばかりでなく、今使われている技術の基礎の概念とかデータを積み重ねる仕事に、日本が寄与した分はごく僅かにとどまっています。皆が能力に応じて寄与し必要に応じてそれを使うという関係でバランスがとれていたところに、横から入ってきて使うだけ使って、次の技術の基礎になるものに貢献しないということが許されますと、早晚技術の進歩は止まってしまう。だからこういうやり方は公正であるといえないのです。さらに欧米では新しいものを開発すると、それによって適性利潤を得て、次の技術の基礎を確立するための資本とするのに対し、日本は市場のシェアを拡大するために開発したものの値段を下げてしまうので、適性利潤が得られなくなってしまい、他の国があきらめてその分野を放棄するのを待って、今度は独占の力を使って値段を上げて他国を搾取するに違いないと考えています。このような独占の弊害が1920年代にアメリカで実際に起こっていますから、彼らは大変神経質になっているのに対し、日本人たちはあまりにも不感症でいるように思います。

昨今の半導体への投資と半導体素子の値下がり、そしてアメリカの会社が断念してゆくのをみていると、彼らの疑心の念が必ずしも間違っているとはいえません。

こんなわけで欧米の人たちは、今まで、特許料の設定を安くしすぎたという気持をもちはじめています。また、雑誌やコンファレンスや書物をとおして技術内容をあまりに安易に日本に渡してしまったと反省しています。したがって、特許料を高く設定して日本が再生産できないようにする。また、技術情報のネットワークから日本を除外するという考えをはじめています。こういうことを防ぐ唯一の方法は、日本も研究を行って人類の共有財産への貢献を増すより仕方ありません。そうして発明、発見も行って特許をとっておけば、こちらの特許を使わせてあげるからそちらの特許を使わせて欲しいというように対等の関係になりますし、技術情報についても同様な立場になります。言葉を換えて言えば、実用一過当であった今までのやり方を改め、研究と開発にバランスのとれたやり方に変えるのが21世紀を生き延びるための唯一の方法なのです。これは、これまで実用で成功してきた日本にとって社会革命といってよいくらいの方向転

換なのです。しかし、やり遂げなければなりません。

日本人は農耕民族であるから欧米のような狩猟民族と異なり独創性が少ないのではないかという議論があります。しかし、同じ日本人が欧米の研究所で独創的な研究をやっているのを見ると、この議論は事実と反していることがわかります。またたとえば、印象派に大きな影響を与えた江戸時代の画家の成果を見ますと、日本人が独創的でないと到底考えられません。多分日本人が技術の面で独創的でなかった理由は、技術者や研究者のおかれた環境や雰囲気による分が多いと思います。そこで企業としては環境や雰囲気を調べその分野の基礎に力を入れてゆくことが急務であると認識しております。

8. む す び

以上、企業の研究所とは何か、研究と開発の差、開発では集中することが重要である、どの技術を開発するかは優雅な成長をする技術を選ぶべきであるということ述べ、最後に技術開発に関連して日本の直面している重大問題について意見を述べさせていただきました。何らかの参考にしていただければ幸いです。

なお、本稿は昭和 61 年 12 月 8 日東京大学生産技術研究所第一会議室で行った講演の“Sanitized Version”であることを付記させていただきます。

(1987 年 1 月 22 日受理)