

□寄稿□

企業における研究開発の魅力

飯沼 一浩*

はじめに

本年3月に専任教員を退職することになり、数人の先生に3年ほど前に東北大学工学部の院生を対象に行った講演「企業における研究開発の魅力」の記録をお送りしたところ、紀要委員会から投稿依頼を受けた。本学の多くの先生方とは専門分野も環境も全く違う研究の話なので関心をもたれる方は少ないと思うが、企業における研究開発の一端を知って頂ければと考えお引き受けすることにした。本稿は、講演の記録を短くし紀要原稿として書き直したものである。

大学から企業へ

私は、高校3年のときに医学部へ進学したいと考えた。それは、私が小学生のときから父が病気がちだったので、医者になって多くの人の病気を治したいと考えたからである。しかし、子供の頃から「工夫して物を作ることが好きだ」という私の性格をよく知っていた父に「無理に自分の性格に合わない道を選び、人のためになろうとしてもそれはうまく行かない」と言われ、納得して工学部に入学した。大学では、誰もやっていない一酸化鉛単結晶の光導電現象（光が当たると電気抵抗が変わる現象）をテーマに大学院博士課程まで進学して日夜努力したが論文が書けず満期退学となり、その後1年半をかけて何とか論文を纏めて学位を頂いた。しかし、この論文は世の中には何の役にも立たないものであった。すなわち、この論文がなくとも誰も困らないというものである。しかしながら、学部と大学院を通して行った「基礎をしっかり理解する」訓練、例えば論文に出てくる数式は全て自分で導出してみて数式が言葉に見えるまでしっかり理解するとい

った訓練が、その後の私の仕事に多いに役に立つことになった。

大学院を出て、いよいよライフワークに取り組むことになったが、ずっと考え続けていた疑問が一つあった。それは「科学技術の発展は人類の役に立つものだろうか?」「戦争の道具にもなるではないか?」「将来の仕事として、科学技術の発展に貢献することについて意味があるのだろうか?」という疑問である。長い間考え続けてやっと思いついたのは「科学技術そのものはよいものでも悪いものでもないが、それは人間の欲求であり誰も止めることができない」という結論であった。そこで「科学技術を役に立つものに適用したい」と考え、医学部進学を諦めた経緯もあったので、工学を生かして医療に役立つ研究をライフワークにしようと決心した。大学の助手としてしばらく研究を続けたが、丁度医用機器開発のリーダーを探していた東芝から来ないかという話があり、蛭崎さんという研究所長の面談を受けた。そのとき、私はまだ企業に勤めることは全く考えていなかった。「企業は利益を最優先するので嫌いだ」と大変失礼なことを言った。しかし、蛭崎さんは「あなたは利益などを考えずに研究さえしてくれればよい」といわれ、その後いろいろ懇談をした後に「今までの話は半分はうそだけどね。とにかく来て欲しい。」と笑って答えられた。これで、企業の硬いイメージが大きく変わり、私は1971年に東芝の総合研究所に入社した。

研究テーマの選定

大学院時代に大変苦勞をして学んだ大きな収穫の一つは「研究はテーマがすべてを決める」ということで

*国際医療福祉大学大学院 放射線・情報科学分野

あった。研究は一度スタートしたら簡単に止めることはできず、テーマの選定が研究の成否を決めることになる。そこで、東芝に入ってすぐ研究所の上司に「テーマ選びに6ヶ月下さい」と言ったところ「1ヶ月で決めなさい、これが企業だ」と言われた。少し不満はあったが、それでもまず医療機器事業部の技術責任者にどのようなテーマがよいか聞きに行ったところ、「まずアメリカでやっていることをやれば間違いがない」との答えが返ってきた。びっくりするとともに非常にがっかりして、企業の研究所では他社がやっていないことをやるべきだし、この企業体質を変えることが自分の使命だとこのときに強く思った。

大学院時代に、超音波を使って動いている心臓を表示する研究を見せて頂いたことがあった。この方法は、データ収集に1時間以上掛かり、あとでフィルムをつなぎ合わせて映写する非常に時間の掛かる方法だったので、「動いている心臓をリアルタイムで表示できれば素晴らしい」と考えて、リアルタイム超音波診断装置の開発をテーマにした。当時はまだ超音波が医療に使えるかどうか分からず、病院では物好きな医者が研究しているという状況で、今にして思うと、テーマを1ヶ月で決めろと言われて、海のものとも山のものとも分からない研究をこの時期にスタートできたことが非常に幸運であった。

最初はまず基礎をしっかり学ぶため、研究グループの若い技術者4~5名で朝7時半から週3回「超音波技術便覧」という1,800頁もある厚い本をもとにゼミ形式で勉強し、数式をすべて自分で導出しながら約半年で最初の基礎の部分40頁をマスターすると、学会でも対等に議論が出来るくらいに超音波の基礎知識を身に付けることができた。そして、医療機器を使う立場の医師の考えを知るために、土曜日を利用して横浜市立大学医学部の聴講生として学生に混じって生理学と解剖学の講義を受けた。また、年2回開催される超音波医学会には必ず参加して、盛んに学会発表も行ったが、論文を書くのは大変なので「論文より製品が勝負だ」と考えて論文は一切書かないことに決めた。ところが、当時東芝の顧問をされていた東大の阪本捷房

先生が「特許はオリジナリティを国が保証するものだ」という話をされ、それに非常に感銘を受けて特許を盛んに書いた。特許は独特の難しさがあるが、論文と異なり実験的検証なしに出願できるという特徴がある。

電子走査方式の選択

超音波診断装置の原理は、超音波プローブの先端にある圧電振動子から体内の一方方向にビーム状の超音波パルスを発射して体内組織からの反射波を同じ振動子で検出し、ビーム方向を断面内で少しずつずらしブラウン管上に輝度変調で(反射が強いほど明るく)断面像を表示するものであり、魚群探知機やレーダーも同様な原理に基づいている。ビーム方向を変えることを走査といい、主な走査方法としてはビームを平行に移動するリニア走査とビーム方向の角度を変えるセクタ走査がある(図1)。主に腹部の診断では体表直下の広い面積が表示できるリニア走査が使用され、超音波をほとんど通さない肋骨と肺に囲まれた心臓の診断には、肋骨と肺のわずかな隙間から覗くようにビームを走査するセクタ走査が用いられる。

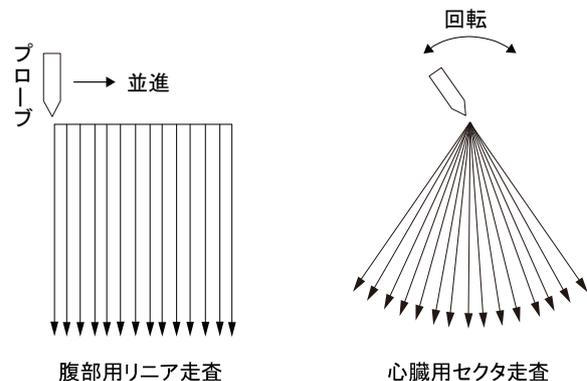


図1 超音波ビームの走査方式

大学院時代に見せて頂いたのは、超音波プローブをゆっくり往復回転させる機械式セクタ走査であるが、丁度私が入社した年に、超音波ビームを電子的に走査する電子走査の論文が報告され、我々は将来性のある電子走査を選ぶことにした。当時の電子走査方式の画像は解像度が非常に悪かったため、業界をリードして

いた米国のメーカーは解像度のよい機械走査を選び、後にわが国に大きな遅れをとることとなった。

お手本のない製品開発の難しさ

我々は、はじめに心臓を見るためのセクタ走査の開発をスタートさせたが、キー技術である高精度の遅延線が当時の技術では実現不可能なことが分かり、それを中断して技術的にはより簡単なリニア走査方式の開発に切り替えた。普通の人の5%は胆石をもっているといわれ、胆嚢をターゲットにしたリニア電子走査の研究に取り組んだ。

そして何とか試作機が出来上がり画像を出してみたが、どこに胆石があるか分からず、とても製品になるようなものではなかった。研究をスタートしてからすでに4年が経っており、そのうち他社が装置を出しはじめ、そうなるとう事業部は「真似をしてもいいから早く作れ」と言ってくる。事業部の友人に「製品を作ることがこんなに難しいとは知らなかった」と話すと、彼に「製品なんか簡単だよ、毎日作っているんだから」と言われてしまった。当時、多くの日本企業はお手本があるものを早く、安く作ることを開発の主体として事業を拡大してきたが、まったくお手本のないものを開発して製品にすることは極めて難しく、そこに大きな差があることを後になって気付いた。とにかく全く成果が出ないので昇進も同期の人より遅れてしまい、研究所の上司から「飯沼君、出来ないんだから仕方ないよな、頑張ってくれ!」と激励された。

2種類の実験

いよいよ追いつめられて、あと1年でなんとしても製品を出そうと決意し、大学の後輩で東芝に入社した城所剛君をリーダーに背水の陣で研究をスタートさせた。他社が製品化したとはいっても、動いている体内の臓器が見えるものの画質は機械走査に比較してはるかに劣るものであった。リアルタイムで画像が見えても、診断に使いなければ意味がないので、我々はそれまでに特許を出願してあたためていた解像度を上げるための独自の技術を全て盛り込むことにした。

主な技術は、超音波ビームを電子的に集束する「電子集束法」、それと直交する方向にビームを集束する「シリコーンゴムレンズ」、背景の雑音(写真でいう「かぶり」)を約1/100に低減する「サブダイシング法」、多数の振動素子を簡単かつ均一に製造する「一体化切断法」などで、これらの技術は特許が切れた今も使用されているので自分でも驚いている。

リーダーの城所君は、まず、電子集束のための遅延線の特性を一生懸命に測定しはじめ、なかなか理論通りの性能がでないと言って同じ実験を何度も繰り返しているうちに3ヶ月が過ぎた。遅延線は電気信号を遅らせる回路素子で、1億分の1秒(10ns)の精度で正確に遅延時間を制御する必要がある。限られた1年で他にも沢山やることのあるのに、大学の研究ではあるまいしいつになったら目処が付くのかと内心あせっていたが、私は人を叱ることができないタイプなのでじっと我慢をせざるを得なかった。4ヶ月経ってやっときちんとした性能がでるようになり、それらのデータを全て記録し、何度やっても必ず同じ特性が出ることを確認した。その他の要素技術の開発も同様に進めて確実な性能がつつぎと得られるようになり、これが製品化の成功の鍵となった。実験には「新しいことを発見する実験」と「何度もやって同じになることを確認する実験」の両方あって、後者が製品開発の基本であるという当たり前のことを私は35歳を過ぎてはじめて後輩から学んだ。

試作機の完成

独自の技術を導入して体内の断面をリアルタイムで観測できる試作機をつくり、親しくしていた関東中央病院の竹原靖明先生のところに持ち込んで画像を出してみると、これまで見たこともないすばらしい画像が描出され、プローブをお腹に当てただけで胆嚢の中の胆石が呼吸性移動によって移動し断面内に現れたり隠れたりする様子がよく見えた(図2)。それを見た医師は「感動してブルブルふるえた」と感想を漏らしていた。

その後、毎週金曜日の勤務終了後に私と城所君が世

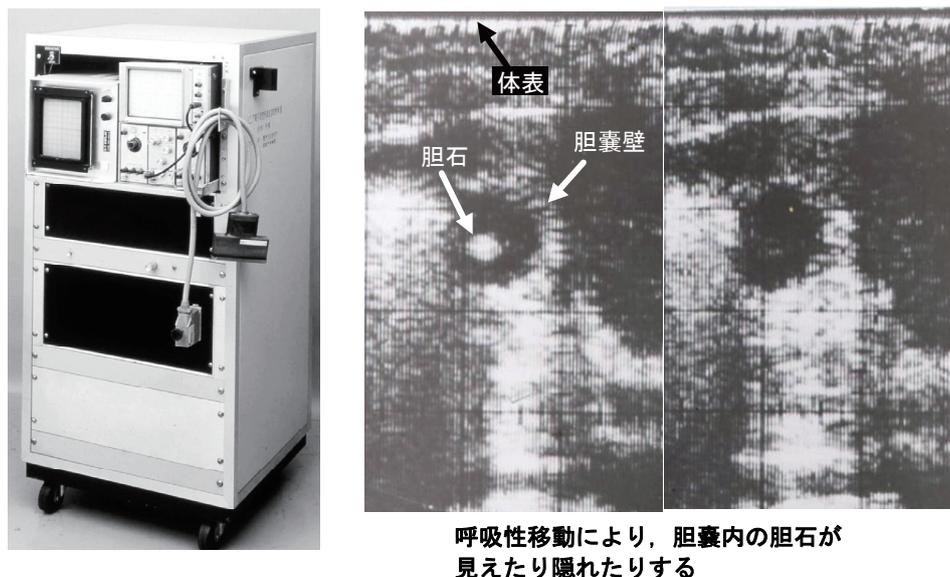


図2 リニア電子走査超音波診断装置試作1号機と胆石の画像(1976年1月)

田谷にある関東中央病院に出かけて、夜7時から朝1時頃まで約2年間共同研究を続けた。帰りはいつも年上の竹原先生がご自分の車で私を保土ヶ谷の自宅まで送り、城所君を平塚の自宅まで送って、大和市つきみ野の自分の家に帰られるのは朝3時頃であった。超音波ビームの集束など新技術を採用したこの装置ではまだ安全性が確認されていなかったもので、胎児には絶対に使用しないという条件で臨床応用をお願いしたが、ある医師が学会発表の目的で胎児を撮影したことが分かり、城所君が「すぐに装置を持ち帰り」と言って激怒し、今後は必ず約束を守るということでその後も研究が続いた。竹原先生は「患者のためにならなければ意味がない」と言われ、私も城所君も同感で、会社の使命は儲けることではなくよいものを提供することだと考えていたので、意気投合し強い信頼関係の下に共同研究が行われた。このときの研究所の開発メンバーは7名、私が最年長で平均年齢は28歳であった。

強いニーズがあるものは必ず実現できる

この腹部用のリニア装置を超音波医学会に展示したところ大好評であったが、同じこの学会でH社が心臓用のセクタ装置を製品として展示していた。我々が当

時の技術ではできないと思い込んでいたものが製品として出てきたことに驚き、我々の力不足を痛感するとともに、「強いニーズがあるものは何とかすればできるものだ」ということを強く感じた。早速会社に戻って、本当によいものであれば真似をする覚悟をして、H社が学会で発表した数ページの予稿集を「眼光紙背に徹す」のつもりで徹底的に検討したところ、一つ欠点のあることが分かった。この方式は巧妙に工夫されコストも安くできるが、製造工程で部品ごとの調整が必要だということである。これは製品として必ず問題を起こすに違いないと判断して、我々は高価でもシンプルで調整のいらぬ独自の方式を検討することに決めた。

ツーストライクまで待つ

セクタ走査のキー技術も遅延線であったが、リニア走査に比較して同じ精度で約1000倍の遅延時間と高い周波数(帯域)特性が要求され、新たな技術開発が必要とされた。遅延線の候補としては、既存のLC遅延線の改良、当時最先端技術のCCD遅延線と表面波遅延線の3通りが考えられた。まずLC遅延線を徹底的に調べたが、必要な遅延精度と帯域を同時に満たす

ことは原理的に無理なことが分かり断念した。CCD もダイナミックレンジが足りないため諦め、最後に精度と帯域ともに優れた性質を持つ表面波遅延線の開発に取り組み 12 月に試作品が完成したが、周辺回路が複雑になりシンプルではないという理由でこれも断念した。営業からは、他社の真似でもよいから早く製品を出してくれと強いプレッシャーがかかり、万策つきて「もうダメか」と思いはじめたちょうど 1 月末、忘れもしない 1 月 29 日の月の明るい夜 11 時頃、帰宅の途中で突然 LC 遅延線を利用して精度と帯域の両方を満足するアイデアが浮かんだ。すぐに特許を書き、装置を試作して 5 月の学会展示に間に合わせる事ができた。製品は画質も素晴らしく高く評価され、構成がシンプルで調整が不要なため品質も安定し増産によってコストも急激に下がった。

このときの合言葉は「ツーストライクまで待て」であった。大学の研究室では空いた時間を見つけて城所君達と一緒に野球をやった。元早稲田大学野球部監督の安部磯雄氏の著書に「打つときはツーストライクを取られてもあと 1 本で必ず打てるように練習しなければならない」とありそれを皆で練習し実行した。なかなか製品が出せないと、営業や事業部から「事業的には何よりも早く出すことが大切だ」とか「他社の真似をしてもよいから早く出してくれ」など常に早く出せという強いプレッシャーが掛かる。それにじっと耐えて「必ず、他社にはないよいものを出すんだ」という強い決意が、城所君とは「ツーストライクまで待て」の一言で瞬時に伝わった。

ヒット商品のあと

腹部用のリニア装置と心臓用のセクタ装置の両方が揃い、いずれもヒット商品となって事業的には大成功をおさめた。しかし、研究所でリーダーとして次の超音波ドプラ装置の研究開発を進めていた城所君が、その途中で 35 歳の若さで心臓発作のため急逝された。彼は正義感が強く、多くの医師や他社の技術者にもその死を惜しまれた。

製品が売れるので工場は製品作りに追われ、その分

開発に手が回らなくなってくる。一方、他社は追いかけ、追いついてきて毎月の売上高のシェアが確実に下がり、成功の後 3 年を経ずして事業的なピンチがやって来た。とにかく城所君に代わる人を探すことを最優先と考え、当時東北大学の助手をしていた佐々木博さん（現在、本学常務理事）が私の弟と同期で、大学時代によく私の家に麻雀をしに来て大変親しかったので、彼を訪ね「誰かよい人を紹介してほしい」と相談したところ、「俺じゃダメか」と言われて驚くとともにすぐに上司の御子柴教授にお願いに行くと、御子柴教授は「彼は頑張りすぎて身体を壊すことがあるのでそれだけは注意するように」と言われ快諾して頂いた。私は東芝に入社した彼にただ一つだけ「毎日遅くとも 8 時には帰るように」とお願いした。しかし、彼は超音波の事業が回復するまで 11 時前に帰った日は 1 日もなかったと記憶する。いったん下降した事業は立ち直り、その後、世界のトップシェアを 10 年以上続けることができたのは彼の努力によるところが最も大きいと思う。

勦は磨かれる

私が取り組んだ「独創的な研究開発と事業」の関係は図 3 のようになる。「動いている心臓を外から詳しく見たい」、そして「患者さんには苦痛がなく、正確な診断をしたい」というニーズは昔から在ったが技術が無いとそれは実現できないわけであり、技術が進歩してくると、ある時、そのニーズを満たすもの出来るようになり、その方法を最初に考え出すのが発明である。

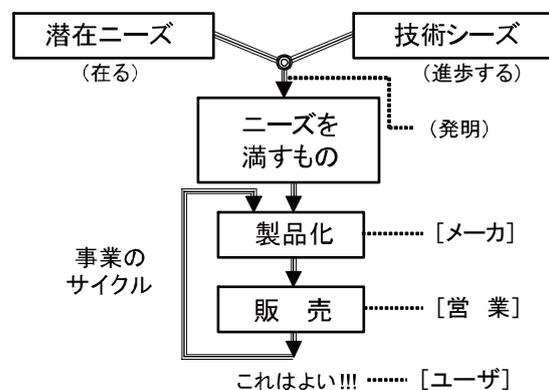


図 3 独創的な研究開発と事業

そしてニーズを満たすものを製品化して発売し、ユーザーが「これはよい」と思って購入すれば、さらに製品が改良されて出荷され、事業のサイクルが回り、このサイクルが回ってはいじめて独創的な研究開発の成果が事業になると考えられる。

研究開発には多大な費用と時間を必要とし、開発した製品を作り販売してみてもうまくいかないと大きな損失が発生するので、開発のスタート時点でユーザーに受け入れられるかどうかを的確に予測することがきわめて重要である。しかし、これは非常に難しく直感が必要である。

私は会社に入ってすぐにいろいろな予測を試みたが、とんちんかんな予測も多くなかなか的中しないので「自分は会社には向かないのではないか」と思ったことがあった。そこで顧問の阪本先生にご相談すると「いや、勘は磨かれるものだ」と言われたが、勘はその人に備わったものと考えていたのでそのときは先生が慰

めて下さったものと思っていた。しかし、その後常に自分で医師のニーズを予測してそれが当たるかどうかを確認し、間違ったら何故間違ったかを考え修正を繰り返しているうちに、5年位経って勘が働きの確な予測ができるようになった。「勘が訓練によって磨かれる」というのは本当であった。

独創的な研究開発の成果が製品となって世の中に普及することは研究者にとって大きな魅力であり、企業にとっても非常に重要である。企業における研究開発は、医療の役に立つものを開発したいという私の希望に非常によく合っていた。そして、研究発表のためでも、企業の利益のためでもなく、患者さまのために何とかしたいという仲間と一緒に研究できたことが私の企業における研究開発の最大の原動力となった。企業は利益を出すことが目的ではなく、よいものを提供できれば、利益は結果として出ることを私は今も確信している。