

後輩諸君への提言

M⑨ 玉中宏紀

1. まえがき

去る5月15日、第一回の機械クラブ座談会が、部会長の坂口先生他、担当幹事の皆さんのご努力で開催されたことをご承知の通りである。以下に出席者の一人として、私見を述べて皆様の議論のきっかけにさせていただけたら幸いである。

2. 学生当時の時代背景

西代のぼろ校舎で専門課程を終えた我々9期の世代は、現在のような立派な学舎と実験設備のもとで勉強出来る諸君を非常にうらやましく思っている。

しかし、当時の社会環境は我々にとって幸運だった。日本は高度成長期にかかり、就職の求人は学生定員の数倍であった。多くの企業では、若い人たちに重要な仕事をどんどん任せて、未知の分野の仕事を開拓していく時代であった。この様な環境で技術活動が出来た我々は、「日本では初めて」という多くの過程を体験し、日本の技術の発展に関与してきた。例えば、「鉄道工学」の授業では開発途上の新幹線に関する技術上の苦労話を興味深く聴くことができたし、当時高速道路のない日本の自動車技術は克服すべき課題が山ほどあった。

3. 会社での職歴

- ① 昭和36年(1961年)機械工学科卒業、同年ダイハツ工業(株)入社
- ② 昭和36年(1961年)自動車開発の実験部門に配属
ブレーキ系、トランスミッション等の駆動系の実験を担当。その後、部品の強度、耐久・信頼性関係の業務にも範囲を拡大。
上司の特命で、自動車を総合的・客観的に評価する理論的手法の開発を模索
- ③ 昭和50年(1975年)自動車の車種別担当主査(機種責任者)を統括(開発日程、予算配分等)する部門に移籍
- ④ 昭和53年(1978年)本社経営企画部門へ。大型電算機からパソコン時代移行を予測し、パソコンの普及による本社事務の合理化を特別チームで推進。その他、本社事務作業合理化のためのプロジェクトを推進
- ⑤ 昭和61年(1986年)情報システム部配属
- ⑥ 昭和63年(1988年)本社経営企画部門へ配属
- ⑦ 平成06年(1994年)ダイハツ工業(株)からダイハツ金属工業(株)に移籍
- ⑧ 平成13年(2001年)ダイハツ金属工業(株)現役退任

4. 技術情報交換

我々が取り組んで来た技術課題解決のノウハウは、企業では貴重な財産として継承されている。公開をはばかるものもあるが、中には機密とまではいかないが問題解決に至る努力の経過から得た貴重な体験も多くある。これをそのままにしておくのはもったいない。何等かの方法で同じ学部で学ぶ後輩諸君に伝え、技術研究活動の面白さに関心を持ってもらうきっかけにできないだろうか。

一般的に、企業や大学で成功した先輩たちの体験を知る方法には、公開された報告書や講演会がある。神戸大学にもこのような機会は年に数回設けられている。勿論、本学以外の同じような講演会や研修会に参加する方法もある。

我々の時代と異なり、最近ではインターネットの活用でずいぶん簡単に必要な情報を入手できる時代になった。国内のみならず、努力すれば外国の情報も入手可能である。

しかし、ここで注目すべきことは、入手できる情報は、成功し成果の上がったものが多いことである。失敗の事例が、不特定多数の人に公開される機会は少ない。失敗にこそ多くの教訓が含まれ、その失敗の経験を生かして、大きな成功につながるものは多い。

このような貴重な失敗や、今では常識となっているが当時は、受け入れられなかったような理論は、企業の実務の中から生まれ、必要に迫られて解決策が工夫されて来た。講演会の様な場では、テーマが決まっているとはいえ、目的がそれぞれ異なる聴衆に対して幅広く全般的に行われるもので、細かい話にまで立ち入る余裕がない。

企業活動では、必ず表に出る人と裏方を務める人がいる。華々しく成果が発表される裏にはかならず、その技術的成果やそれを成功に導いた影の立役者がいるものである。

諸君が、それを支える裏方の苦労話やノウハウに接することは、将来の技術者活動に必ず役立つことをよく認識しておいて欲しい。

このような人たちをどうして探し、どうして教えを乞えばいいのだろうか。

そのためには、諸君が自分の進みたい方向や、取り組みたい課題を明白にして公表しなければならない。きちんとまとまってなくてもよい。漫然とした思いでも、単なる思い付きでもよい。他人の目に触れることで、適切なヒントを得て大きな成果につながる可能性がある。

先輩の側も、企業での地位や役職に関係なく、純粋に自分の技術的な経験や経歴を公開しなければなるまい。また学生諸君の要望に対して自ら適切なアドバイスを与えることが出来なくても、永年の企業活動で得た人脈を紹介して両者をつなぐ役割が果たせるかもしれない。

論文や発表会、講演会のような形式ばった手段ではなく、学生と先輩が気楽に交流し情報の交換できるような手段が好ましい。そのためにはテーマを絞って、主題を明確にした少人数の懇談会形式がよいだろう。しかし少人数では、全体としての効果が少ない。会合は同時並行的に複数の会合を開催し、年に複数回開催されるべきだろう。

また、現在現役で技術者として活躍中の先輩が抱える技術的課題を、現役学生である後輩がフレッシュで柔軟な頭脳で理論的に支援できる場になるかも知れない。

このような会合が継続的に行われれば、結果的に本学の発展に貢献することにつながる。

また、このような流れが本学の伝統となるような仕組みが出来れば理想である。本校は「独立行政法人」という名称が付くがいわゆる国立大学である。「近大まぐろ」に代表されるよ

うな私立大学の柔軟な動きは見習わなければならない。「神戸大学ビーフ」のような動きに期待したい。

紙面の都合上詳しく述べる余裕がないが、恐らく大学ではあまり取り上げられていないであろうと思われる技術活動に有効な理論に、品質管理、信頼性工学、品質工学、実験計画法、多変量解析などの技術的手法がある。これらに堪能な先輩の経験を聞くことは、諸君がどのような業種に就職することになっても、技術問題解決の手段の幅を広げることに非常に有効である。

5. 失敗・成功例や苦労話について

「機械工学」を専攻する学生に「冶金・金属工学」の話は直接関係ありませんが、実務の社会では、このように分野をまたがった知識を必要とする場合に直面することはよくあります。「機械工学」の範囲では解決できなかった問題を「電気工学」や「電子工学」の力を借りて解決出来ることもあります。私の経験例でブレーキの問題を、繊維業界の知識で解決できた面白い事例がありますが、解説は別の機会にしたと思います。

5-1. 自動車用ブレーキ

ブレーキについての例では、私が担当当時、日本の自動車にはディスクブレーキを装着した車はありませんでした。住友電工さんがダンロップから航空機用のサンプルを取り寄せて実験を始められた時に、会社が近いということで、自動車会社の立場から開発に協力させて頂きました。

ドラムブレーキの場合、ドラムの中で、油圧で拡張するブレーキシューで制動力を発生させます。軽い力でブレーキがよく効くようにセルフアライニングトルク（回転方向にブレーキシューが食い込んで制動力を増幅させる）を発生させる構造になっています。しかし、油圧に比例して発生する摩擦力以上に、食い込みによって発生する力を利用する方式は制動力の安定性に欠けます。（この力を利用する方式の違いで、ドラム式ブレーキには、トレーリング方式、リーデングトレーリング方式、2リーデング方式、極端なものに、デュオサーボ方式がある。）

セルフアライニングトルクの発生しないディスクブレーキは、円盤を挟み込んで制動力を得る単純な理屈で、油圧に対して発生する制動力は弱いのですが、その分安定性があります。日本の自動車の高速時代を予見された住友電工さんが、自動車への応用を考えて研究に着手されたものと思います。

まずは自動車に取り付けて見ましたが、問題点は山ほどありました。ブレーキドラムにそっくり置き換えるべく、図面上取り付け部分を変更して実車に取り付けたのですが、ブレーキが効いたままになって車が動きません。後で気づけば単純な理由ですが、当時は気づきませんでした。

自動車は多種多様な項目について、旧運輸省の試験に合格しなければ生産できません。当時、ブレーキは全力で踏めば車輪がロックする（固着して回転しない）ことを確認する試験がありました。最近では常識ですが、車輪が路面に対してロックする直前状態が、タイヤと路面の摩擦を最大にするというアンチロックシステムのような考え方は、お役所には通用しませんでした。車輪は回転している方が走行安定性の面から安全なのです。

自動車のスピードがあまり出ない時代は問題にならなかったことも、高速道路等でスピード

を出すようになると新しい問題が発生します。走行中に強いブレーキを掛けると、前軸と後軸には、静的に配分されている荷重（車が止まっている時の荷重）と異なる荷重配分になります。即ち、減速度と車両の重心高さに応じた荷重が前軸に付加され、後軸はその分軽くなります。従って、静的荷重配分で考える時の制動力配分と、動的な場合のそれは異なります。

荷重の増加する車軸即ち、制動時の前軸には、より多くのブレーキ力が必要になり、軽くなった方の後軸のブレーキ力はより小さくて済むのです。

実際ブレーキを掛けた時、前軸のブレーキが固着するのと、後軸のブレーキが固着するのと高速時にはどちらが安全だと思われませんか？

後輪が固着しない方が安全なのです。極端な例をいいますと、後輪にはブレーキがない方が安定して停止できます。これらも当時は受け入れられなかった理屈でした。

5-2. トルクコンバータ

昔変速機は、マニュアルトランスが主流。その後運転の易しいトルクコンバータが乗用車の主流になり、現在はさらに性能のよい CVT 方式の変速機が主流になりました。CVT の基本原理は簡単で昔からある「三木の無段変速機」と同じ原理です。円盤コーンが対面的に 2 つ並んだものを 2 組設定し、これに V ベルトを掛けて各々の回転軸から V ベルトの接触位置の半径差を利用して回転数とトルクの変化させようとするもので、誰でもよく知っている原理です。これが最終的に自動車の変速機として採用できるようになったのは、コロンブスの卵のようなもので、従来の「引っ張る」ことによるトルクの伝達から「押す」ことによるトルクの伝達に発想を転換したところから課題が克服できたのです。

5-3. 実験計画法

実験計画法を勉強するようになったきっかけは、自動車部品を開発するには多くの条件が絡みます。例えば、3 種類の負荷条件、3 種類の形状、3 種類の材質の組み合わせで最適部品を決める実験を単純に行えば、 $3 \times 3 \times 3$ で 27 種類の実験、データのばらつきを考えて同一条件の実験を 2 回行ったとすると、54 回の実験が必要になるがこれを最小の回数で成果を得るためにはどうするか。学生時代に「誤差論」を受講しましたが、当時はそれがどんなことに役立つかわかりませんでした。

5-4. 品質管理

日本の工業製品の発展は品質管理の理論や技術が大きく貢献したと思います。デミング賞を頂点に、現場中心の QC サークル活動がどこの会社でも積極的に行われ現在も継続しています。この考え方が「カイゼン」と呼ばれ英語としても使われるようになりました。

担当当時の自動車部品はよく破損しました。舗装率も低く道路条件も今のようによくありません。数が限られる部品の実験結果で何千台、何万台も生産する自動車の品質をどう保証するのか。一般的には自動車と比較して、航空機の方が性能も高く高級で信頼性も高いという風に思われがちですが、航空機は高度な技術と専門的知識をもった人がこれを操作します。

もしも破損して事故になれば、まず操縦者の責任が追及されます。船舶の故障なども同じです。故障を起こさないように操作するのがプロです。しかし、自動車は免許さえあればタイヤの交換もできない程度の技能しか持たない人が性能を無視して運転し、故障した場合でもまず、最初にメーカー側に問題がないかどうか疑われます。自動車の場合、このように初歩的な運転者から、タクシーやトラックのプロの運転手までが使用します。この使用条件のばらつきと、製造部品のばらつきが組み合わさる時、どういうテスト結果であれば、何を

どこかまで保証したことになるのか、またコストとの兼ね合いで何処まで保証すべきなのか。これらの課題に結論を得るためには耐久・信頼性理論の勉強が必要でした。

自動車の部品の耐久性は、負荷条件と走行距離に影響をうけます。設計図面上で構造的に強度があるように見えても、部品には「疲労破壊」の問題があります。鉄板素材にはいくら繰り返し荷重がかかっても破損しない疲労限界の荷重があり、これは単なる引張強度だけでは判断できません。

又、どうしても理論的に解けない複雑な問題は、特定の分布関数を仮定した条件でコンピューターに乱数を発生させ、膨大な件数をミュレーション（モンテカルロ法）で発生させて予想を立てました。実務上は、こういう力わざも必要になります。

膨大な要因が相互に複雑に絡みあって成り立っている現象を理論的に説明したり、ある条件の組み合わせでその結果が正常であったり、異常になったりするような、結果が明確に2分されるような現象（壊れた、壊れなかった）の原因解析には、多変量解析の手法が有効でした。前者には主成分分析、後者には判別関数が応用できました。

2つの変数による現象は平面グラフで、3つの要因により成り立つ現象の傾向は3次元の立体図で直感的に分かりやすく説明ができますが、4次元以上の要因による現象は概念的に理解が難しくなります。このような現象を、要因を絡めて説明するには重回帰分析が有効です。多変量解析の理論は、塩野義製薬や武田製薬の研究者の方からいろいろと業種を超えてご指導いただきました。この手法は、今では大型のコンピューターに頼ることなく、パソコンのソフトで簡単に数値解析ができますが、当時は理論が分かっても実務に応用するには苦労がありました。

品質管理や実験に関連する仕事をしている人たちに是非関心を持ってもらいたい理論に「品質工学」いわゆる「タグチメソッド」というのがあります。田口玄一博士がアメリカで指導され、日本に逆輸入の形で紹介された手法です。トヨタグループでは、20年以上も前からこの手法で成果を上げています。グループ内での研究・発表会も盛んです。とても、この限られた紙面で紹介できる内容ではありません。古い本ですが日本規格協会発行、矢野 宏著「おはなし品質工学」がとっかかりになるでしょう。

6. 曲がる鋳物の開発

最後に、機械工学出身の私が、定年の数年前からまったく経験のない鋳鉄関係の会社（ダイハツ工業の子会社でダイハツ金属工業）を経営することになりました。この会社は、自動車部品だけでなく、大型の船用エンジンや工作機械のベッド等の鋳物を生産して、大手メーカーに納入している会社で、鋳物業界では少しは知られた会社です。

一般に、自動車の足回り部品は鉄板をプレス加工し、溶接して生産します。鋳物の自動車部品と言えば、ブレーキディスク、ブレーキドラム、フライホイールが中心です。昔は鍛造品であった足回り部品は、材質の改良で鍛造品に負けない鋳造品に置き換わっています。自動車用エンジンは軽量化を狙ってどんどんアルミ化が進行しています。もはや鋳物は古いものだと機械の設計者は考えています。

足回り自動車部品を鋳物で受注するためには、重くて折れやすい鋳鉄のイメージを払拭する必要があります。そこで下の写真のような「曲がる鋳物」を開発しました。

じつは、この部品はプレス加工部品よりも開発時のメリットがあります。自動車の足回り部品は大量生産に移る前に試作していろいろとテストします。テストの結果、性能面から形状を変更したい部分が生じることがあります。プレス部品は、プレス型を作らないと試作できませんが、鋳物の型の方の試作は、木型で変更が楽です。又、写真の様な部品については、発砲スチロールを加工して、直接砂型の中に込めて、溶湯を注げば、発砲スチロールが燃焼してその形状に沿ったものが出来上がります。また、同じ車両でも、足回りだけ一部変更したいような特殊な少量生産部品が必要なことがあります。プレス加工品では型の製作などの手間がかかりますが、消失模型なら簡単です。昨今急速に発展している3Dプリンターの技術と組み合わせればさらなる発展が可能です。

鋳物は重たく、圧縮には強くても、曲げに対しては極めてぜい弱であると考えられる機械屋の常識を覆し、実際の車に採用されました。この材質がいかに従来の既成概念と異なるものかを示すデモ実験の写真を、会社のパンフレットの中から一部切り出して示しました。

開発製品例紹介

薄肉高延性ダクタイル鋳鉄（曲がる鋳物）



飴のようにぐねっとねじれた鋳物。一般に鋳物は、鍛造品や板金部品に比較して複雑な形状に対応できること

7. 最後に

正直なところ、文章に書いて記録に残すと支障があるかもしれませんが、小人数で後輩のために役立つ情報を雑談的に話すということであれば、ある程度突っ込んだ話ができます。

私よりも、もっと多くの貴重な経験をお持ちの先輩はたくさんおられます。学生諸君がこのような貴重な話を聞かない手はないと思うのですがいかがでしょうか。

(終)

寄稿日：平成26年（2014年）9月10日 座01-03