

金工室人生41年を振り返って

〇河合利秀

教育・研究技術支援室 装置開発技術系

概要

定年退職を迎えるにあたり、名古屋大学技術研修会の場をお借りして、私の名古屋大学の技術職員としての人生を振り返りたいと思います。なお、この発表および報告は今年度の核融合研究所技術研究会での発表・報告と同様の内容であることをお断りします。

私が物理金工室（現在の第二装置開発室）に就職してから41年間、でいろいろ悩みながらも、物理金工室の近代化とオープンショップ制の確立、技術相談やちょっとした加工依頼などの日常対応から海外を含む大型研究プロジェクトの技術業務なども行ってきました。

研究プロジェクトの中の技術開発を多く担当しましたが、どれもうまくいったという訳ではなく、「失敗」がたくさんありました。しかし、失敗から多くを学びました。失敗をのりこえる中で教員や学生との信頼が強くなり、新しい技術を展開できたことが世界を驚かすような研究成果に結びついたように思います。

大学の中の「ものづくり」は実におもしろいものだと感じます。大学は「常に新しいことに挑戦する場」です。新しいことへ挑戦すれば失敗はつきもの。自分で考えた装置を自分で作り、幾多の失敗や困難を乗り越えて「使える装置」になり、研究成果が出たときの嬉しさは格別です。いつしか私は「難しい仕事ほどおもしろい」「無理難題を言ってほしい」というのが口癖になりました。大学の技術職員は、難しい技術の壁に挑戦するチャンスがたくさんあることが、大きな魅力のひとつではないかと思います。

今回は、このような観点から、私の失敗談を交えながら41年を振り返りたいと思います。

1 どのような仕事をしてきたか

私は大きく2種類の仕事をしてきました。

一つは「フレンドリーな物理金工室の運営と工作技術の維持発展」、もう一つは「プロジェクト参加型の技術開発業務」です。どちらも、名古屋大学理学部の教育・研究の方向性に合致した「工作室」を旨とするには欠かせない重要な仕事です。

1.1 フレンドリーな物理金工室の運営と工作技術の維持発展

採用されたころの物理金工室は「依頼者（教員・学生）が持ってきた図面の通りに作る」と仕事のスタイルでした。当時リーダーであった佐野正一さん（故人）が当時国立大学技術職員では珍しかった旋盤一級技能士（国家技能検定）であったことから、理学部金工室が高橋重敏さんを中心とした「実験装置を考えながら作る」であったのに対して、加工精度の高さで対抗したいとの意図があったのだと思います。

41年前の物理金工室は旋盤やフライス盤を複数所有し、溶接やろう付け技術もカバーしていました。精度の低い工作機械を一般用とし、精度のよい機械は技術職員専用としていました。これは日本の大学工作室の一般的な姿だったと思います。このスタイルは技術職員の存在感をアピールできる反面、勝手のわからない若手研究者にとっては敷居の高いものでした。

私はより多くの人に利用してもらえる「フレンドリーな金工室」をめざし、金工室の維持・運営について積極的に関わりました。そのために、機械工作実習の受け入れ数拡大とオープンショップ制（実習修了者は

クゲージがありました。ブロックゲージと大型定盤は後に大いに役に立ちました。

佐野さんの方針は「研究者が書いてきた図面通りに作る」ことです。とにかく「設計図通りに作る」。これが旋盤技能士 1 級を持つ佐野さんの誇りでした。物理金工室より一足先に発足した理学部金工室は希釈冷凍機やロケットによる赤外線天文観測装置を手掛け、華々しく活躍していましたので、佐野さんは大いにライバル心を燃やし、むこうが「開発技術」というならこちらは「加工技術」と張り合っていました。

2. 2 仕事のスタイルを考えさせられた失敗

あるとき、標準ラックの製作を依頼されました。重い装置を搭載するためには足回りを補強して重心を下げる必要もあったことなどから、特別に作ってほしいとのことでした。鉄のアングルを切断してフライス加工し、タップ穴を加工してから溶接、塗装したものです。苦労して作ったラックですが、収めた翌朝、ゴミ捨て場に捨ててあることに気が付きました。さすがに大きなショックを受けました。折角苦労して作ったのになぜ捨てられたかを考えました。私の技術が稚拙であったために使えなかったのかと悩みました。

その後、標準ラックを調べるとインチとメートルの 2 種類あり、双方寸法が微妙に違っていて、共通性がないことを知りました。結局のところ、発注者が規格を取り違えた図面を示して私に製作依頼したようなのですが、確信は持てませんでした。

当時の佐野さんは依頼者の図面通りに作るスタイルでしたが、穴の位置が食い違っているなど明らかな間違いに遭遇することもあり、「研究者でも間違えることがある」と、佐野さんも困っていることがありました。私はこの頃の物理教室憲章の討論会で「図面はしっかり書いてほしい」という趣旨を発言していました。

私はこの事件以後、依頼者の図面の間違いは避けられないことだと考え、気付いたらきちんと指摘するとともに、材料力学を一から勉強し、応力による撓みや破壊強度を計算できるようにしました。この考えはさらに進んで、依頼者の意図をしっかり把握して製作に取り掛かることが重要であると思うようになりました。

研究室に行ってもどんな実験のどのような機能を期待されているのか、周囲の環境、特殊な条件などをしっかり確かめ、実験を行う教員・学生と良く相談することにしました。納品後はその装置や部品が目的通り機能するかを確かめるため一緒に見るようにしました。これは新たなアイデアを生み出す場ともなりました。

私はこれらの一連の教訓から、「依頼された通り作る」から「依頼された内容を考えて作る」というように、佐野さんのスタイルを変えてきたわけです。

2. 3 転機となったターゲットムーバー・・・大クラッシュを乗り越えて

「考えて作る」スタイルに変えつつあるとき、大きな仕事の依頼がありました。

当時研究室として発足したばかりの基本粒子研究室（通称 F 研）から、スイスの CERN で使う装置（WA75 実験）を作ってほしいという依頼です。この装置：ターゲットムーバーは、約 20Kg の原子核乾板を、幅 50mm の狭い空間で、 $10\mu\text{m}$ 程度の座標精度で上下左右に動かす装置です。これを約 1 年かけて作ってほしいというものです。写真 1 は完成したターゲットムーバーです。

私は電気科出身だったこともあり、メカトロニクス技術の仕事をしたという思いもあって、佐野さんの反対を押し切り、「失敗したら首」を覚悟で引き受けることにしました。

ターゲットムーバーの基本設計は既に三鷹光器が行っており、私の仕事はベアリングホルダーなどの重要部品を製作して総合組立を行うというものです。約 4 ヶ月間三鷹光器の直接指導の基に精密機械の組立技術を教えてもらいつつ、半年後には一通りの完成をみました。

そして運命の試験運転です。午前中から運転を開始し夕方まで順調に動いたのでそのまま運転を続けて帰宅した深夜 2 時、「大クラッシュ」との電話があり急いで大学に戻りました。強度計算は何回も行ったので壊れるということは想定外で、無残なターゲットムーバーの姿を見て愕然としました。

本当の勉強はここからでした。クラッシュの原因を突き止めるために破壊した部分を分解し、最初に壊れ

た部分を特定することに専念しました。1 箇所の部品の破損で他の部分が次々に破壊していくストーリーが予想されたからです。約一週間、研究室の教員や学生さんらと激論を交わしながらも私なりの結論を得ることができました。上下駆動のためのギアとボールネジの軸を止めるピンの強度不足を主原因と推定、この部分が破壊されてギアが脱落すると次々に壊れて最終的な形となるストーリーが皆の納得できる形で説明することができました。この一週間で今後の私の発展のきっかけとなったのです。

対策として、①モーターの電流を制限して必要以上のトルクを発生させない、②交換しやすい位置の部品の強度を下げて安全装置とする（写真2）、という2点の変更を行い、約1ヶ月後の二度目の試験運転では1週間の連続運転にも耐える機械となりました。このように重要な部分が破損することを避ける機械のヒューズのようなもので、私の機械設計の基本のひとつになりました。

この他にも、装置が大きく重いため部屋の出入り口や段差を通過できなかつたり、重要な部分のネジが干渉などで締め付けられないなど、初歩的なミスもありました。垂直駆動系を大幅に改造する中でネジの不具合も解消し、専用台車を作るなどの搬送の手立ても準備しました。写真1は改造した後の試験運転中のもので、5日間ほどの連続運転に耐えました。

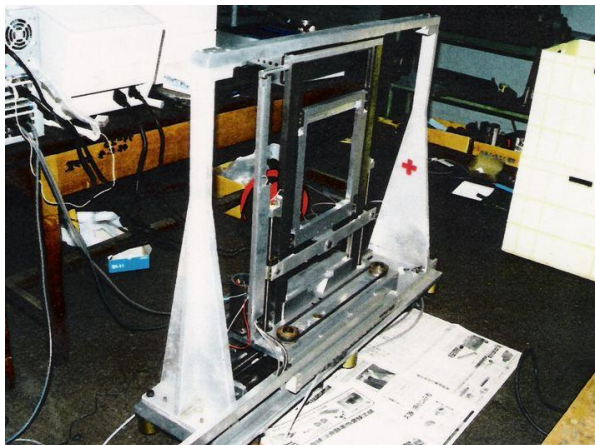


写真1 完成したターゲットムーバー



写真2 ターゲットムーバーの垂直駆動部

このターゲットムーバーは CERN/WA75 の実験結果から座標精度の $10\mu\text{m}$ を十分確保していることが確認されました。このターゲットムーバーは CERN/WA75 以後何回も使われ、KEK/E373 では幅 20mm に大幅改造してダブルハイパー核生成に世界で始めて成功することになりました。

3 大学の技術とは何か

ターゲットムーバーの後、最初に紹介したように、素粒子宇宙物理学の実験プロジェクトの技術を担当してきました。その中では多くの失敗がありましたが、紙数の関係でそれらを紹介することができませんが、このような失敗を乗り越えてきました。こうした仕事の中で「大学の技術とは何か」を考えてきました。

3.1 誰もやったことのないことを実現する

私たち技術職員は教育研究の最前線にいて、日夜教員と共に教育・研究を推し進めるために努力しています。研究が独創的で世界屈指の内容であれば、それを支える実験装置や観測装置は「これまでに誰も作った事がない物を作る」であり、分析技術系では「これまでに誰もやったことがないこと」をすることになると思います。私たちの技術業務をよく見ると、このように「誰もやったことのない技術内容」が多く含まれています。これらの仕事は企業としてリスクが大きく取り組みにくいものであるため、技術職員の存在それ自身が教員にとっては大きなアドバンテージです。

3.2 最先端技術の普及

名古屋大学の技術職員は組織化によって複数の研究グループの技術業務を取り扱うようになりました。こ

れは大きなメリットです。

ある研究グループが開発した最先端技術を別の研究グループに応用することで研究が大きく進むことは良くあることです。大学の研究の中で培われた高度な技術を他の研究分野にも応用して適応することは、技術職員に技術の経験と蓄積がなくては不可能なことです。よく「技術は人に付く」と言われますが、典型的な事例です。技術職員が最先端技術普及を担っていると云えるのではないのでしょうか。

3.3 教員のアイデアを形にする

私たちのキャパシティを遙かに超える業務依頼があるので、金工室（装置開発室）では外注加工業者も良く利用します。しかし、教員や学生の書いた図面のままでは加工業者に出せない場合がほとんどです。

寸法精度や幾何公差、面粗さなどを書き加え、寸法の矛盾がないかを確認するなどの作業を経て業者に出すこととなります。これをもう少し発展させると、教員のポンチ絵から技術職員が装置を設計し、部品を外注加工して装置として完成させることもできます。教員のアイデアを「翻訳」し、あらゆる装置を作ってしまう。私はこのスタイルで仕事をしています。研究内容をよく理解し、教員が実現したいことの本質を掴めば実現可能だと思います。

3.4 優れた工業製品や民間技術を研究に動員する

大学にいと関連する業界の製品や企業の先進的な技術を知ることができます。大学の教育・研究の現場でこうした知識を最大限に生かし、研究室の技術を常に新しくするとか、民間の優れた技術を紹介して利用していくことが重要です。民間の技術開発や優れた工業製品を教育・研究の現場に適用して、これまで超えられなかった技術的な壁を乗り越えていけば、教育・研究への貢献度も一層大きくなります。

4 国際共同研究における技術職員の役割

国際共同研究は技術職員の出る幕がないように思われますが、研究の正否を支配する技術を担当したグループが有利となります。ここに技術職員の出番があります。私に関わった仕事から二例を紹介します。

4.1 加速器実験（国際共同研究）における技術職員の役割

CERN や FNAL などの加速器実験では日本の技術職員の役割が大変重要です。ターゲットムーバーやシンチレーション・ファイバー・トラッカー（以後 SFT と記す）では CERN の技術者集団との開発競争を勝ち抜き、日本の研究者が研究プロジェクトの中で発言力を増すことができました。

ここでは SFT の実用化技術について紹介しましょう。

私は一年先輩の石川さんとよいコンビで SFT の実用化技術を CERN の技術者集団とを争い、勝ち抜いてきました。加速器実験は巨大な実験装置です。加速器を持っている研究グループが本家で、日本の研究グループは軒先を借りるようなものとなり主導権は最初から相手側にあります。そこで日本のグループがその実験の命脈を握る技術を担当できたならこれでやっとなら対等です。最終的にはその研究で最も貢献したグループが研究成果の代表者として世界の賞賛を浴びることになります。

原子核乾板と加速器を組み合わせた素粒子実験では原子核乾板を取り扱う技術や加速器のターゲット周辺的设计・設置を私たちが担当することで日本の研究グループがイニシアティブを握ってきました。最近では τ ニュートリノ直接検出 (E872/FNAL) や長基線ニュートリノ振動実験 (OPERA/CERN) がその好例です。

今でこそ大きなことを言っていますが、始めて海外 (CERN) で仕事をしたときは技術者集団の文化の違いに戸惑いました。私は英語が苦手なので教員の通訳を頼っていましたが、重要なことはきちんと伝わるものだと思います。相手も技術職員なら図面で会話することも可能です。専門用語は英語が多いのも助かります。CERN や FNAL の技術者と競争して彼らから尊敬される存在になったのは、一緒に仕事をした教員の援助が大きいこともありますが、技術者として彼らと向き合ったからこそできたことだと思います。

4. 2 日本の優秀な工業製品を研究の最前線で活用する

国際共同研究は日本の優れた技術や工業製品を世界に紹介する良いチャンスです。私は日本の工業製品の長ををよく理解し、積極的に採用していくことを心がけています。

海外の技術者は自国の製品を積極的に使いたいと主張してきます。こんなところにも国際競争があるのかと驚く反面、私たちはもっと日本の製品を宣伝し、活用すべきだと思います。

図2は南アフリカのサザーランド天文台に設置した赤外線望遠鏡（IRSF）の設計図（完成予定図）です。IRSFは1.4mの主鏡を持つカセグレン式望遠鏡で、私たちと京都の西村製作所と共同で開発・製作し、現地で組立・調整を行いました。IRSFは経緯台の軸受けにTHKのRガイドを採用し、望遠鏡架台の構造を大幅に簡略化して、高性能低コスト化を実現しました。Rガイドを使ったIRSFのような経緯台架台は名古屋方式と呼ばれ、これ以後、世界の小規模天体望遠鏡はほとんどが名古屋方式となりました。

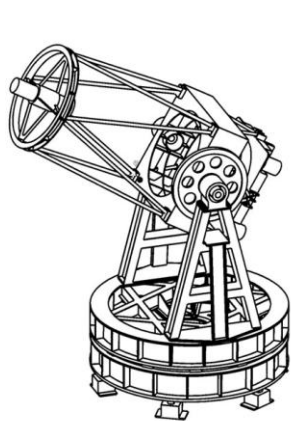


図2 IRSF 基本設計



写真3 現地組立



写真4 Rガイド調整



写真5 完成した IRSF

THKは当初Rガイドが天体望遠鏡のような高精度な装置の軸受けに採用されたことに不安をもちました。それまでは立体駐車場の回転テーブルや振り子電車の傾斜軸受けに使われていただけで、高精度の装置に使われた例はなかったようです。

天体望遠鏡は観測の度に「星の位置」を正確に測定しています。大気による位置のズレとか、望遠鏡と地面の温度差による歪みやズレなどを星の位置を測定して補正し、何時でも正確に星を捉えられるようにしています。星（恒星）の位置は世界中の天文台で正確に測定されているので、世界で最も精度の良い「ものさし」であると言えます。天体望遠鏡は恒星を見て自分を校正するということをしているのです。望遠鏡のこのような特徴を生かすには、ガタやヒステリシスのない軸受けと回転機構であれば良いのです。Rガイドはそれを安価に実現できる優れた日本の工業部品です。私はTHKのリニアガイドの溝構造の優秀性を知っていたので、同じ溝構造を持つRガイドもリニアガイドと同様の効果があると考えていました。IRSFはRガイドの性能の高さを証明したのです。

写真3～5は南アフリカでの組立作業です。写真4はRガイドの取付精度を測定しているところです。ここにRガイドの使い方のノウハウがあります。私たちはRガイドの特徴を生かした使い方を開発したと言い換えても良いでしょう。この成果はTHKの技術者を大いに喜ばせました。そして今では新入社員の技術研修で最初に取り上げるトピックとなり、THK社員の大きな誇りとなっています。

5 技術の専門性を獲得するには・・・若手教育の視点から

名古屋大学理学部物理金工室に就職し、大学の技術職員として41年間様々な仕事をしてきた中から、私の失敗を「大学の技術とは何か」を導入として、大学技術職員の役割について述べてきました。そして私たちが大学の技術職員として活躍するには「技術の専門家」になることが重要であると主張してきました。

しかし、大学の技術職員として技術の専門性を獲得する道筋は簡単ではありません。私の場合は良き先輩らに恵まれ、切磋琢磨する相手も CERN や一流企業の技術者など好敵手に恵まれてきました。向こう見ずな性格も幸いして、比較的若いときにターゲットムーバーという大変難しい仕事を任せられ、成し遂げることで技術者として飛躍することができました。

今は書く大学に技術組織が整備され、盛んに技術研修が行われているので、私が若い頃よりはずっと恵まれた環境にあるのではないかと思います。しかし、憲法に掲げられた「人権」も、これを渴望する階層や個人が声を上げて周囲の人々に働きかけなければ何の効力も益もありません。同じように、何よりも技術者として成長したいと思っている若い技術職員の皆さん自身が声を上げ、行動しなければならないと思います。

よく「何も教えてくれない」という言葉を聴きます。「仕事は盗め」というような古くさいことを言うつもりはありませんが、私は「～を教えてほしい！」と言ってほしい。聖書の一節にある「求めよ！さらば与えられん！」通りなのだと思います。若手の自覚的な「押し」を待ちたい所ですが、先輩技術職員として伝えたいことがあります。

5. 1 失敗を恐れるのではなく失敗から学ぶ

私は多くの仕事に恵まれ、研究成果にも結び付いて技術者として望外なまでに評価されました。技術者として大変幸せな人生であったと思います。これまでに多くの字数を割いて私の仕事を紹介してきましたが、共通して言えることはどれもが順調に推移したわけではなく、幾多の失敗を重ねてそれを乗り越えた結果、それまでの技術の壁を打ち破り、不可能を可能にしたことで新しい成果に結びつけたものであったことです。成功したのは私の仕事の一部です。ほかの仕事には多くの失敗があります。中にはどんなに努力しても乗り越えられなかったものもあります。私の技術的な見通しの甘さ、勉強不足、発想そのものの欠陥など、技術的な壁を乗り越えられずに「失敗」のまま収束せざるを得ませんでした。これらの仕事はいまだに苦しい記憶として脳裏から離れません。こうしたことを考えてみると、大勢の方々に迷惑をおかけしながらも、私を最後まで信頼していただいた人に恵まれ、何とか今日まで綱渡りの技術者人生であったと思います。

私は若い皆さんに「失敗してもよい。本当の仕事は失敗してから始まると言ってもいい。失敗を恐れてはいけない。」と言いつけています。失敗をしないような仕事は技術目標そのものが低く、このような仕事ばかりでは技術者としての成長は望めません。もちろんこうした仕事をきちんとこなすことは大切ですが、時々、精いっぱい背伸びしてそれでもうまく行かかわからないぐらいの難しい仕事にチャレンジしてほしいと思います。

5. 2 日常的な仕事の中にも技術目標を持つ

いつも面白い仕事があるとは限りません。ルーチンワーク的な日常の仕事など、技術的に面白いところなどないと思われがちです。しかしどのような仕事の中にも、よく見れば腕を磨く「ねた」があります。

私は機械工作が本家なので、工作機械による部品加工を例にとって考えてみましょう。

普通の部品加工では、精度もほどほどで、普通に加工すれば終わってしまいます。しかし、このような中にも、腕を磨く「ねた」はたくさんあります。機械加工では、公差を設計値より厳しくするだけで良い腕試しになります。いわゆる「品質管理」ですが、公差を厳しくするとどれも同じように使えるようになります。相手側の加工精度にもよりますが、精密組立の部品加工には必要な技術です。例えばボールベアリングのハウジングや軸加工では μ 単位の公差が要求されます。このような厳しい公差を要求されたときに始めてそれに取り組むのでは間に合いません。普段から練習しておかなければなりませんね。問題はこうした練習をいつ行うかです。要求があった時に練習を始めるのではなく、一桁上の加工精度を自己目標として、普通の機械加工で実現できるように努力を重ねていけば良いのです。普通の加工の時に刃物と加工物の関係を試しながら、工作機械の癖も掴んでおきます。こうしておけば精度の厳しい加工が来るのが楽しみになりますね。

5.3 無理難題ほど面白い

私自身は、教員や学生に「無理難題ほど面白い！」とはっぱをかけています。研究が世界水準を超えようとするれば必ずその研究を支える技術も難しいことになる。世界で誰も成功させたことのない技術目標が出てくることでしょう。私はそのような研究に技術者としてかかわれることに大きな誇りを感じるのです。技術者として難しい課題を突き付けられたら、大喜びしていいと思います。それだけ、期待が大きく、研究が進展した時に技術職員の貢献も大きく評価されることでしょう。

言い換えれば、教員や学生の皆さんの科学進歩に対する情熱を共有し、私たち技術職員も技術革新に挑戦する姿勢こそが、大学の技術職員に求められている「資質」ではないかと思います。

5.4 研究者のまねごとではなく「技術の専門家」を貫く

技術職員は大学という組織にあつては「わき役」です。主役は教員と学生です。教員は自らが発案し企画した教育・研究を推進する責任をもち、事務的要素は事務職員が、技術的要素は技術職員がそれぞれ担当することで大学という大きな組織が機能しているわけです。このことはしっかり理解してほしいと思います。技術職員はあくまでも「技術の専門家」として教員や学生と向かい合うことでやっと対等に渡り合えます。

これを勘違いして、教員の真似事をして自分が研究を主導しようとした途端に、教員の世界の成果の奪い合いとなり、ヒエラルキー下位の技術職員は競争に負けてしまうこととなります。このようにして能力のある技術職員の多くが教育・研究に貢献することも能力を発揮することなく潰れていく姿をたくさん見てきました。

技術職員が勝負できるのは大学の教育研究を支える技術です。「技術職員に相談に乗ってもらった結果大変良い物ができて研究も大いに発展した」と言われるのを楽しみに、そして一緒に頑張った教員や学生が研究成果を挙げて素晴らしい研究者に成長していく姿を見るのが楽しみです。そうした研究者に「技術の専門家」として一目置かれるようになることを目標にしたいですね。

6 むすび

これまで41年間、数々の失敗を繰り返してきた私を暖かい眼差しで見守り、背中を押していただいた諸先生方に感謝したいと思います。

そして何よりも、自分自身で技術研鑽していきことが技術者の生きる道ということを教えてくれた先輩技術職員の皆さんに感謝します。勉強会の講師を快く引き受けていただいた同世代の先生方には本当にお世話になりました。私の失敗作を前に、一緒に悩み、解決方法を導き出すまで支えていただきました。今日あるのは、こうした皆さんの支えがあつてこそだと思います。

改めて、お礼申し上げます。