

SME LIBRARY 16

日本の工作機械を築いた人々



本田 富士雄 氏

元 機械技術研究所 所長
(社)機械技術協会 会長

SME 東京支部

本稿は大河出版「応用機械工学」1991年6月号掲載

終戦の年に研究所に入所

——日本の工作機械技術を今日までに引き上げた大きな牽引力として、通産省機械技術研究所の存在を忘れるわけにはいきません。そこで本日は、長く所長としてその指導にあたってこられた本田富士雄さんに、とくに戦後、我が国が荒廃のなかから立ち上がって、どのようにして現在の工作機械工業を確立してきたか、そして機械技研がどのようにかわってきたのかを振り返っていただきたいと存じます。

まず、本田さんが機械技術研究所（当時は機械試験所）に入られたきっかけというのは……。

本田 1945（昭和20）年の8月に終戦になり、私は9月に大学（東京大学第二工学部造兵学科）を繰上げ卒業になったのですが、ご承知のように当時は国中が荒廃して毎日生きるだけで精一杯で、とても就職できるような状態ではなかったですね。

それで、教室主任の菱川万三郎先生の「いずれは必ず諸君が活躍できる 때가来るから、それまで辛抱して待ちなさい」という激励の言葉を受けて、40名いた同級生はそれぞれ故郷や地方に散っていったわけです。

私も東京の大田区にあった実家が空襲で焼かれてしまったものですから、名古屋と瀬戸の間にある旭村という所に疎開していた両親の元に戻って、米や野菜をつくる手伝いをしていました。

すると、10月の終わり頃になって機械試験所から電報連絡があり、すぐに試験所に出頭しろという。機械試験所には、学生時代に一度だけ見学で行ったことはありましたが知合いがいるわけでもなくて、不思議に思いながら庶務に出向くと、「君を採用することになった」といわれてびっくりしました。

おそらく菱川先生のご紹介だったのだろうと思いますが、先生のお宅に挨拶にうかがったときにも何の話もなかったの、わけもわからずそのまま入所してしまったというのが真相です。今でもなぜかわからない（笑）。

終戦直後の混乱した時期でしたから、そのときに採用試験はなかったですが、その翌年から公務員採用試験制度が始まったと思います。

クラスメイトは、その後それぞれに就職口を見つけましたが、半数近くは中学などの教師になりましたね。その他は自分で仕事を始めたり、ぼちぼち立ち直り始めた企業に入ったりで、私の同級生は今で

本田 富士雄 氏

1923（大正12）年東京生まれ。府立高等学校（理科甲類）から1942（昭和17）年東京帝国大学第二工学部造兵学科に入学、海軍委託学生を経て1945年9月同大学（後に工学部精密機械工学科）を卒業。

1945年10月当時の商工省機械研究所（後に通産省工業技術院機械技術研究所）に入所、工作機械科に配属される。その後、歯車、軸受、工作機械などの研究に従事し、1962（昭和37）年「ホブ切りの切削機構に関する研究」で工学博士号を得た。

機械要素機構部長（後に機械部長）、同所次長を経て、1976（昭和51）年機械技術研究所長に就任する。

一貫して国家レベルの研究機関の中核にあつて、「機械工場無人化モデル」（MUM）、「自動調整型高性能金属加工システム」、さらに「超高性能レーザ応用複合生産システム」など、我が国生産技術の高度化プロジェクト開発に指導的な役割を果たした。

博士論文のホブ切りの研究を始め、工作機械主軸の回転精度、熱変形、人工義手、生産システム、GT（グループ・テクノロジー）など研究成果も数多く、また研究所時代に東京工業大学、慶応大学などいくつかの大学で講師を務めるなど、後進の指導育成に尽力した功績も少なくない。

現在、（社）機械技術協会会長として、新技術開発の支援業務に力を注いでいる。

趣味は、サッカー、ラグビーなどスポーツ観戦と小旅行。

も大変バラエティに富んだ道を歩んでいるんですよ。
——大学時代はどんなことをおやりでした？

本田 私は造兵学科でしたが、学校では応用物理が好きでしたね。物理の指導教官は平田森三先生で、衝撃波を撮影するシュリーレン写真の実験なんかをやりました。

2年生の中頃になると横須賀海軍工廠に勤労働員になり、設計部で図面を描いたり、今でいう生産管理などをやらされました。それに、同じように動員されていた女子挺身隊の隊長にさせられて、いろいろな作業を割り当てたり、ドリルの研磨をしてあげたり、そんなことばかりしていましたよ（笑）。

設計部のときは、機関銃や大砲の設計の一部を手伝ったり、ちょうど横須賀で航空母艦「信濃」を建造していましたから、そこに仕事に行ったこともあります。「信濃」は、完成直後に横須賀沖でアメリカ軍の潜水艦に沈められたと聞いていますが。

まあそんなわけで、戦後すぐに機械試験所に入って、中野駅の近くにあった親戚の家が幸いにも焼け残っていたので、私はお願いしてその一間を借りましてね、そこから通うことにしたわけです。

——機械技術研究所は現在つくば市に移りましたが、以前は井荻（東京・杉並）にありましたね。最初からあそこにあったのですか。

本田 正式に申し上げますとね、1937（昭和12）年に機械試験所ができたときは、東京・銀座の木挽町近くにあった「中央度量衡検定所」の敷地の一部を使っていたのです。度量衡検定所は、現在の「計量研究所」の前身です。それから1年ほどして井荻に移りましたから、まあ実質的にはあそこからスタートしたといってもいいでしょうね（写真1）。

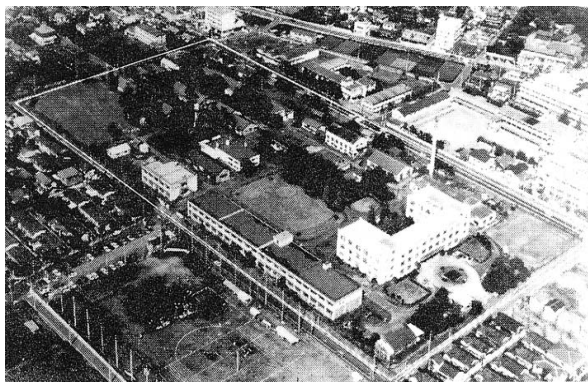


写真1 井荻当時の機械技術研究所（1975年頃）。
白い建物が本館

その後、1971（昭和46）年に機械試験所から「機械技術研究所」に名前が変わり、私が所長をしていた1980（昭和55）年に今のつくば市に移転したわけです。

当時も今も、のんびりとした環境にありますよ。井荻は確か西武新宿線で新宿から10番目の駅だと思いましたが、当時は新宿から電車に乗って6つ目か7つ目まで行くと辺りの空気が変わるんです。もう郊外だったんですね。今では考えられませんがね。

——そもそも機械試験所をつくらうとした目的は…。

本田 はい、設立の目的は、まず日本独自の機械技術を確立して海外依存からの脱却をはかり、機械技術に関する試験検査と研究を行なって、その基礎を支えることでした。その後、先端技術を開拓することや、国内産業の育成はもちろん、国際的な技術向上に寄与するための研究に重点を置くようになったのです。

そして今日では、地球規模の安全確保とかライフサイエンスのような、人類の福祉に役立つ技術開発を推進しているというわけです。ですから、私の仕事も最初は機械の審査が主でしたが、社会情勢の変化に伴って次第に変わっていききましたね。

——うかがっていますと、機械試験所の研究業務というのはやはり工作機械が主だったのでしょうか。

本田 ええ、確かに工作機械は重点項目のひとつではあったのですが、その他に「治工具科」もあって、これは大越^{まこと}諄先生（元・東京大学教授、後に機械試験所長）がずっと面倒を見てくださいました。それに「材料科」や「物理科」など、機械工学全般にわたっているのです。

戦後しばらくは航空分野も手がけていたのですが、1955（昭和30）年に「航空技術研究所」（後に航空宇宙技術研究所）ができて、研究員がだいたいそちらに移りましたし、「計量研究所」が新発足したときも「金属材料技術研究所」ができたときも、それぞれ関連の研究者が抜けていきました。

だから、口の悪い人にいわせると機械試験所は“親芋”みたいなもので、良い人材は皆抜けてしまったじゃないかと……（笑）。つまり、機械研究のおいしい部分は外に出てしまったわけです。結局、生産技術部門だけが残ったのですが、そもそものスタートが生産技術重視でしたから、一時は名称も「生産技術研究所」にしようかという話まで出たほどです。

一方、機械試験所の管轄官庁は通産省ですから、行政上、機械といえば当時は自動車技術も重要でした。今ならば、安全や公害分野以外はあまり面倒見なくてもいいんでしょうがね（笑）。それで、当時は自動車の試験もしなくてはというので、我々もベンツのギヤボックスを手に入れて、それを分解して調べることもしましたよ。

通産省にはそれぞれの機械製品部門を担当する部局がありますから、そこから技術的な問題について要請があると、当然それに対応しなければならない。そこがややこしいところで、いくつかの部門に重点を置くわけですが、少なくともどの分野にも研究員を配置しておく必要はあるのです。ですから、限られた人員で実に多くのことをしなければならなかったですね。

そんなことから、所員も機械関連だけでなく物理、電気など幅広い分野から採用しました。これは、将来を見越してということもあったのですが、その方

針の背景は、試験所設立当初の目的であった審査業務にあるのです。

というのは、戦後すぐはカメラや時計、ミシンなどの審査をしていましたから、当然、その方面の専門家が必要になる。そして、当時はそういう優秀な専門家を数多く採用できたのです。そんな人たちが中心になって、その後の機械技研のいろいろな研究の芽が出ているんですよ。

物事を知るといことは大切なことです。だから、試験とか審査を通じていろいろ体験するというのは、世の中の技術を理解するうえで馬鹿にならないと思います。

——試験所では最初にどんなことをなされたのですか。

本田 入所して最初に配属されたのが「工作機械科」で、その上司が本田巨範さん（後に東京農工大学教授、元・神奈川工科大学教授）でした。本田先生は、ご存じのように理論と実践の両方を重視する方でしたから、まず工作機械が使えなくては駄目だとおっしゃる。

でも、何せこちらは大学で実習をしたこともないブの素人ですから、まず旋盤やフライス盤を動かすことから始めました。そして、工作機械の分解組立なんかも指導を受けましたね。

それに、マイクロメータの通し穴加工や、“バリミュー”（可変増幅率）真空管のグリッドを加工するためのカムをつくったり、マグネトロン銅電極の加工などをやっていました（写真2、写真3）。

当時、JISの「工作機械精度試験検査規格」の見直しで、本田先生を中心に進められていましたので、新しく「運転検査」をつくるにあたって、私もその関連のお手伝いをしたのです。その過程で、後の工作機械の剛性や熱変形の研究の素地が生まれたといえますね。

本田先生は実に着想が豊かで、本当に器用な方なんです。実験装置も見事な手づくりなのです。熱変形の実験をやったときも、旋盤主軸台の潤滑油を暖めるのに、ガラス管を加熱してそれに油を流すことにしたのですが、その頃試験所にはガス配管がなくて、先生は複雑な形をしたガラス細工を一晚で家でつくってきたことがありました。これにはびっくりしましたね。

学会やJISの委員会には、私も書記役としてたびたび先生のお供をしましたが、頭の回転がとても早

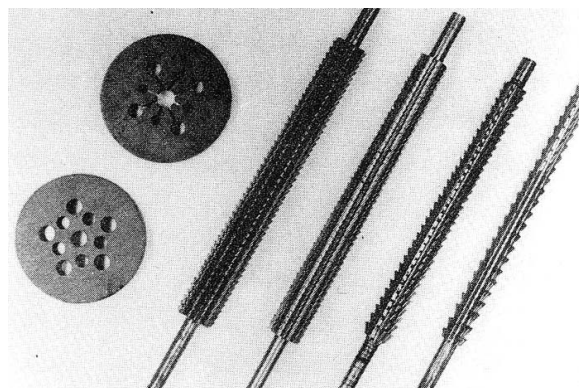


写真2 マグネトロン電極(左)と、電極の穴と穴を通じる溝を加工

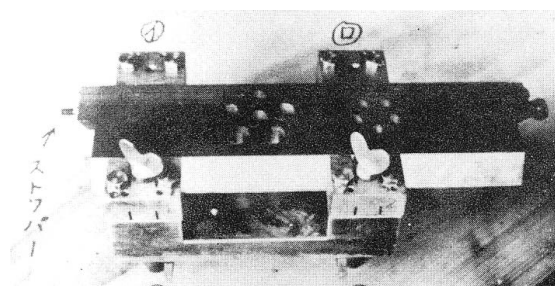


写真3 本田巨範先生考案の電極穴加工用治具。2段階で穴をあける

く、議論が白熱してくるといろいろな話が飛び出してきて、こちらはなかなか付いていけない。ですから、議事録を取るのに大変苦労したものです。

それであるとき、仕方がないのでテープレコーダを持ち込んで録音していたら、「議事録づくりはそんなものに頼ってはいけません。自分の頭できちんと整理してまとめなければいけません」と厳しく叱られたことを覚えていますよ。

それに、試験所にいる間は機械を使って実験をして、文献や資料は家で読むというのが先生のモットーで、そんな雰囲気の中かで指導を受けたものです。

ホブ切りの研究をする

——最初の本格的な研究は歯車とうかがいましたが、具体的にはどんなことを。

本田 1953（昭和28）年に同じ第二部の第二科（歯車）に配置換えになって、今度は歯車で有名な仙波まさたかさんの指導を受けることになりました。仙波さんはその頃ハイポイド歯車の研究をしておられましたが、後年、歯車研究の集大成ともいえる大部の著作を出されたことは皆さん、よくご存じだと思います。

そこでやった最初の仕事は、「国産工作機械試作補助金制度」による試作機の完了審査に参加したことです。これは、外国の一流機の水準に少しでも追いつくことを目指したものでした。

それで、61機種もの新製品を開発するために総額10億円の国費を補助することになり、昭和28年からスタートして試作完了後5～8年で償還するというもので、その審査を機械試験所が中心になってやったわけです。

私はそのうち主にホブ盤を担当しましたが、試験はJISの試験検査項目に従ってやりました。当時としてはJISの水準でもかなり厳しくて、試験もしっかりやりましたから、メーカーのほうからずいぶん苦情をいわれたこともありましたよ。

同じ頃、造船工業会が船舶用タービン減速歯車の性能向上のための調査研究を実施することになりましてね、全国の造船所に設置してある大型ホブ盤の機械精度や工作精度を測定するプロジェクトチームに参加させてもらったことがあるのです。

これは、東京工業大学の中田孝先生がチーフで、東は石川島重工業（後に石川島播磨重工業）から、西は三菱重工業長崎造船所まで主な造船所を巡回しまして、2.5～5mホブ盤の精度測定とデータの解析をして、それに基づいて精度向上対策などをディスカッションしたものです。これは大変勉強になりました。

国産のホブ盤では、当時の芝浦機械（後に東芝機械）が朝倉行一さん（後にK&T東芝機械社長）を中心に5mホブ盤を開発しました。これは世界的に見ても最高精度という評価を得た傑作ですが、この機械で削った歯車を船に載せるには、イギリスのロイドの保険保証が必要だという。そしてそのためには、日本の政府機関の精度証明が要ることになって、1台完成するごとに我々が沼津の工場まで出向いて、機械精度や工作した歯車の精度測定をしたものです。

そして、その結果のチャートやグラフをつくって、BS（イギリス規格）に合格していることの証明書を発行したわけです。何しろ大きな機械ですから、割出精度などを測定するには時間がかかる。温度変化の少ない夜間に測っても、1回転して元に戻ったときはゼロにならないこともあって、改めて熱変形に関する研究の重要さを痛感しましたよ。

また、国産ホブの性能を向上させる目的で、1954（昭和29）年と1959（昭和34）年の2回、国内10

社のホブを集めて、その精度や切削した歯車の精度、切刃の摩耗状態などを審査したこともあります。2回目の審査では全品がJIS1級に合格しましたから、その間の性能向上は素晴らしかったと思いますよ。

そんなことから私が歯車をやるようになって、仙波さんに歯車機械や歯切りのほうを勉強したいと申し上げたら、早速ドイツ語の書物を持ってきてくれて、ここからここまで読んでみなさいといわれる。

私はすぐに辞書と首っ引きで訳してみても、4、5日経ってもう読みましたといいましたら、仙波さんはパラパラと本のページを繰ってみて、こここのところの文章はどう解釈しますかと聞かれたのです。

それで改めて読み直してみたら、理解していたつもりがまったくわかっていなかったことがわかって、恐れ入ったことがあります。そのときに、書物というのは一字一句に至るまで丁寧に、そして正確に読まなければならないということを教えられました。

まあそんなことがあって、私はホブ切りの切削機構に関する研究の構想を仙波さんにいいましたら、「まだどこでもその研究はしていないから、しっかりやりなさい。ただし、実験の過程で都合の悪いデータが出てきても、それには必ず理由があるのだから、決してそのデータを無視してはいけない。よく検討して結論を急がないように」と、いかにも仙波さんらしいアドバイスでしたね。

そこで私は、本格的にホブの研究をやることにしたのです。それまで国産ホブの工作精度を測定して、その審査をやっていたわけですが、当時の工具材種はハイスでした。そして、実際に切削してみると、ホブの個々の切刃は歯車の歯みぞの異なった小さな部分を削ることになり、そのために個々の切刃は位置によって摩耗の状況が違うんですよ。

つまり、刃によって摩耗の程度がまちまちなのです。そこで、なぜそうなるのかそのメカニズムを解明してみようと、ホブの切削理論のほうに入っていたわけです。そして、ホブの切刃にどんな刀が加わっているのかを測定してみようとね。それが研究の発端です。

それでまず、ホブにかかる切削力を調べてみようとして3次元切削動力計をつくり、ホブのそれぞれの刃がどの方向に力がかかっているかを測定したわけです。ホブ盤の接線送り装置を使い、シングルバイトをホブのそれぞれの刃が担当すべき位置に送ってその切削力を測ってみれば、どの刃がどれに相当する

のかがわかります。

そして、各刃の位置での削り量を解析的に求めてこれを実験値と比較する。さらに各刃の位置の切削力を刃溝に沿って合成して、直線刃溝の場合の総合切削力を求めるわけです。そして今度は、実際のホブの切削力と比較するために、ホブ軸とウォーム軸に歪みゲージを使った計測装置を付けて測定しました。

こうすれば、ホブの個々の切刃にかかる複雑な力やそれらを総合したホブ全体の挙動、それにホブ盤にかかる力の時々刻々の変化や設計上の問題点などがわかるというものです。

現在のように計測技術や解析技術が発達していれば、もっと気の利いた研究ができたのかもしれませんが、しかし、今考えてみるとあまりスマートなものじゃなかったと思います。

結局、この研究は私の博士論文になったわけですが、後で印刷物になった報告書を仙波さんに見せたら、そりゃ辛辣な批評でしたね（笑）。でも、この研究は世界で誰もやっていないというお墨付きだけは頂戴しましたが。

後年、私がドイツのファウター社に行きましたときに、向こうの技師にこの論文を見せたことがありました。もちろん、ドイツ語ではなく日本語で書いたものでしたが、内容を話しましてね。そうしたら、しばらくしてホブ盤が変わりましたよ。それが私の論文のためかどうかはわかりませんが。

——それは具体的にはどういうことですか。

本田 要するに、それまではホイールもホブ軸も平軸受だったのですが、スラストを抑えるために転がり軸受で支持して、テーブルも円周方向に振られないようにクリアランスを小さくしたのです。

それから数年して工作機械見本市に登場したファウターの機械は、ちゃんとそれを考えた設計になっていました。そのときに私は、少しは自分の研究成果を汲んでくれたかなと嬉しい気持ちになりましたよ。

その後、今度はホブをハイスではなく超硬にしてやってみることにしました。これのヒントはソ連の文献にあったのですが、どういうわけか向こうでは実用化されていなかったのです。そこで、我々もやってみようというわけで、超硬の組立ホブを自作することにしました。

そうしたら、これを知ったさる高名な歯車の権威

の方から、超硬で削れるわけがないとさんざんいわれました。だから、こちらも絶対に削れると反論したものです。

その後、アーヘン工科大学のH. オーピッツ教授が来日して機械技研に見学に来られたときに、目の前で実際に超硬ホブを使って削ってみせたら、先生はウーンといったきり、何もいわずに帰って行きました。

それから数年してドイツで超硬ホブが登場しましたら、その歯車の権威もようやく納得されたのです。その方は、それまでは超硬は脆くて駄目だとおっしゃって、頑として聞き入れないんですよ（笑）、——切削3分力（垂直分力、送り分力、背分力）の測定は、旋盤などはどこでもやっていましたが、ホブの切削でそれをやられ、それによってホブ盤の機械各部の設計改善にヒントを与えたというのは大変なことですね。

本田 それが私の論文のせいかどうか、本当のところはわかりませんよ。でも身量真ですが私はそう思いたいですね。ただ、私の場合はシングルバイト用でしたが、これには前置きがあって、旋盤の切削動力計をつくろうとしたときにずいぶん苦労したのです。その経験がありましたから、何とかできたようなものです。

今ならコンピュータを使った情報処理でいろいろ補正ができるのですが、3方向で干渉があってはならない。そして、そのためには部品を精度良く加工しなくてはなりません。そこで、試験所の工場でジグボラを使って部品をつくりました。そのときに、入所当初に実際に機械を動かした経験が役に立ちました。何でもやっておくものだね（笑）。

機械技研の役割

——こうしてうかがっていると、戦後の工作機械の復興に試験所が果たした役割というのは大きいものがあるわけですね。

本田 さっきいいましたように、戦後しばらくは時計やマシンなどの審査、証明書の発行などが主な業務だったのですが、例の補助金による国産工作機械の試作研究やホブの審査の後、1961（昭和36）年には、日本工作機械工業会が中心になって、試験所との「工作機械の基礎技術共同研究」というのが始まりました。これは、試験スタンドや実機を使った剛

性や熱変形、案内面摩耗などを実験研究するプロジェクトで、企業からの参加者は延べ 250 人という大がかりなものでした。

剛性に関していえば、本田先生と安井武司さん（後に金沢大学教授）が非接触式の加振機を開発されて、周波数を変えて加振することで工作機械の振動モードを知ることができるようになったのです。実際、いろいろな工作機械メーカーに出かけて機械を測定してみて、その機械の挙動がわかるようになったのですが、定量的には今ひとつというところでした。

それで何とかならないかと思っているうちに、1967（昭和 42）年でしたか、イギリスのマンチェスターで MTDR（工作機械設計研究）の国際会議があって、アメリカのレモンが伝達関数を使った振動論を用いてこれを解析した発表をしたのです。それを聞いて私は、なるほどこのようなアプローチがあったかと驚きました。つまり、自分の守備範囲だけで考えるのではなく、他の分野の理論を持ち込んで解釈する態度が必要だと思いました。

帰国してから、ちょうど当時の精機学会（後に精密工学会）からその会議の報告を頼まれたので、早速それを取り上げて、最初は私もよくわかりませんでしたが、勉強しながら紹介したことがあるのです。それからわっとこの分野の研究が進みましたね。

その後、その理論に基づいて開発されたアメリカ製の振動解析機の 1 号機を購入して、それを使った工作機械の振動解析を安井さんが中心になって研究してくれました。それを使えば、振動周波数や力、それに位相がどうなるかもわかるのです。これはすごいというので、当時としては無理に予算を取って買ったものです。

そして、しばらくしたら安井さんがやってきて、あの機械は故障が多くて駄目だという。私は、高い装置なので何とか使えるようにしてくれというと、彼は部品を取り替えてだいぶ苦労して、その原因が中身ではなくてコネクタが悪いことがわかったのです。それを国産品に代えたら、ノイズがぴたりと止まった。もう 20 年以上も前のことですが、その頃からアメリカの製品は信頼性がなくなっていたんですね（笑）。

その後、この振動解析機は国産化されましたが、その意味では安井さんは実験技術面でずいぶんと貢献したわけですよ。

——話は変わりますが、本田さんはソ連にも行かれ

ましたね。

本田 はい、2 回行きました。一度は、1964（昭和 39）年にモスクワで工作機械工業会が見本市をやったときに、向こうで講演をしたり旋盤工場を見学したりしました。二度目は 1969（昭和 44）年でしたか、GT（グループ・テクノロジー）の視察でした。GT はそもそもソ連で生まれたものなのです。それで、権威者に会っていろいろな話を聞いてきたわけです。

試験所で歯車をやっていたときに、ソ連の雑誌や文献を読む必要から、所内のロシア語のうまい人を先生にして毎日講義を受けていたので、そのときに少しは役に立ちました。

当時のソ連の研究は、放電加工を始めオリジナリティがあって結構進んでいたんですよ。モスクワとレニングラードの工場を見せてもらったりしましたが、ただ実用化が駄目で、工場と研究所との情報交換がほとんどないのです。

日本では、機械技研に限らず学会もお互いの情報交換が活発でしょ。日本の工業がここまで来たのは、かなりの部分がそうしたことに負うところがあるでしょうね。

最初にソ連に行ったときに、ENIMS（エニムス＝工作機械実験科学研究所）を訪ねて見学しました。そこには 1000 人以上の研究者がいて、約半数は試作工場にいます。いわばソ連の工作機械の元締めで、各地で設計したものをチェックするのが仕事です。もちろん独自の設計もやっていて、ソ連は標準化の国ですから大量生産用の機械は全部 ENIMS で設計するのです。

ただ、研究部門と試作部門の水準がずいぶんかけ離れていたように感じました。つまり、頭と手足がバラバラなのです。しかも、完成した機械の性能はあまり大したことはなかったと思いました。当時でも日本の競争相手じゃなかったですね。

その後、その所の所長が来日して機械技研にも来ましたが、技研が開発した刻線機を譲ってほしいといわれたことがあります。要するにソ連では標準尺ができないんですよ。しかし、こちらは国の機関なので売るわけにはいかないと断りました（笑）。でも、次にソ連に行きましたら、立派な刻線機をつくっていましたね。

——戦後の機械試験所の研究で有名なのは、日本でも最初の本格的な NC 工作機械である例の「JIDIC」（NC 治具中ぐり盤）ですが、本田さんはあれにもか

かわっておられるのでしょうか？

本田 いえ、その当時は歯車をやっておりましたので、直接には関係していません。杉本正雄所長の下で実際にやられたのは、後に東大に行かれた土井康弘さん（後に明星大学教授）とか研野和人さん（現・小松電子金属）、左治木清吾さんなどで、この方々は制御系を担当しました。機械本体は本田巨範先生や西田修三さん、後に山梨大学に行かれた鈴木秀夫さんなどです。この機械は、1959（昭和34）年3月に完成しています（写真4）。

大型プロジェクトを推進

——さて、いよいよ機械技研の大型プロジェクトの話になるわけですが、そもそもあの発想はどんなところから出てきたのですか。

本田 まず最初の「機械工場無人化モデル」は、その英語の頭文字を取って「MUM」（Methodology for Unmanned Manufacturing）と呼ばれています。それに先立って、研野さんを中心にMUM研究会というのがありましてね、その後工場モデルを設計しようということになって、当時東京大学教授だった竹中規雄先生に委員長をお願いして、1973（昭和48）年から4年間やりました。

このプロジェクトは、未来形機械工場のありかたをかなり詳細に詰めて提案したものです。あくまでも調査研究というシミュレーションでしたが、工場を無人化したときの人間の役割をはっきりさせること、多品種少量生産つまりFMS化すること、生産ラインを部分的に切り離しても機能できるシステムにすることなどを目指したものです。

生産設備の概念としては、前加工システム、主加工システム、治工具システム、搬送システム、それに検査診断システムという具合に、ほとんど今の生産システムを先取りしたものなのです。

まあ、外国追随から脱却して世界にも類のないものを設計しようというのが目的でしたが、最初の3年間は非常に面白い研究をやりました。たとえば、どのような機械を設計するかといった問題をね。

そこで、何かこれをものにしたいという空気はあったのですが、いろいろ検討してみても、現在のハードウェアを並べただけでは、どうしても既存技術の延長になってしまう。

そして、せっかくまとめたのに机上の空論に終わ

っては残念だ、さらに高度な生産システムを実際につくって、ぜひこれを実証してみたいという意見が出てきて、これを工業技術院の「大型工業技術研究開発制度」いわゆる大型プロジェクト研究として申請することにしました。

しかし、これに載せるためにはシステム構成やハードウェア開発の目新しさをもっとアピールする必要があります。そんなことから、MUMプロジェクトの第4年度から設計方針をボトムアップからトップダウン式にガラリと変えまして、素形材加工から組立まで各セクションが独立しているという前提を離れて、一貫した生産システムを検討することにしたわけです。

具体的には、加工物中心型の工作機械を始め、切断、熱処理、溶接のための大出力レーザを開発するといった、かなり新規性のあるものでした。

また、これとは別にコンピュータを中心にした制御や精度管理についての実験部分は、東芝機械（中ぐり加工モジュール）、豊田工機（研削同）、日立精機（旋削加工同）、牧野フライス製作所（平面加工同）の4社が参加して、それぞれ得意とする分野を分担して研究することになりました。

このプロジェクトは「自動調整型高性能金属加工システム」と呼ばれたもので、1975（昭和50）年から3年間にわたって行なわれましたが、あまり世間には知られていませんでしたね。東京大学の吉川弘之先生、機械技研の吉田嘉太郎さん（後に千葉大学教授）、それに私が指導者ということでやったものです。

内容としては、診断機能や精度保持機能など計測機能を持たせた実用的な加工システムで、自動調整機能を持つモジュール形工作機械と、これらを統合

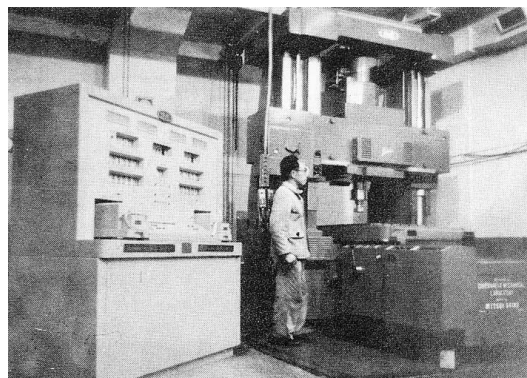


写真4 機械試験所が1959年に開発した治具中ぐり盤“JIDIC”。左側に見えるのが“パラメロン”制御装置である。

制御する自動制御システムソフトウェアを開発しました。それで、実際に離れた場所に分散した加工モジュールをつないで運転して、集中管理の可能性などを実証したわけです。まあ、現在のコンピュータ制御のはしりとでもいえますか。

このMUMの第4年度からの研究が、その後1977（昭和52）年から8年間にわたって、総額120億円の大型プロジェクトになった「超高性能レーザ応用複合生産システム」（FMSC）の基礎になっているのです。

外国の模倣ではなく、しかも各加工分野の役割を固定化せず、これまでの常識にとらわれないような一貫システムということで、素材から加工まで、塑性加工からレーザまでを考えたわけです。そして、まず加工部分はあまり変わり映えがしないので集中加工方式にして、同時に何工程かの加工が可能な部分を設けました。

さらに、それ以前の素材加工はだいたい大量生産でしたが、今後は多様化で中少量生産に向けた加工システムがあってもいいのではないかという発想から、かなり強引に進めさせていただきましたよ（笑）。

一方、レーザの開発をしたいという通産省内の意見も吸い上げ、組立もいずれは自動化されるという見通しから、このシステムに合う自動化技術を研究する、そんなことから一貫加工を目指したわけですが、しかし、基本的な概念は少し飛躍していたかもしれません。

ボトムアップ方式に慣れている専門家が端から見るとよく理解できない点もあったようで、なんて馬鹿なことをしているんだといわれたこともありましたが、最近ではそれも見直されて、良い研究が含まれているとお褒めの言葉も頂戴しています。

このプロジェクトで開発しようとした生産システムは、10種類の工作機械の機能とプレス機械の機能、それに組立機能を持たせた、いわば“万能生産システム”で、さらに切断や溶接、熱処理をするレーザ機能も加えたというわけです（写真5）。

このシステムで加工できるものは一般的な機械部品ですが、それでは具体的なイメージが浮かばないというので、変速機や軸受などの動力伝達部品、油圧ポンプやシリンダなど油圧装置、制御弁や制御盤など制御装置、それに歯車箱などを考えました。つまり、その時点で部品点数が300個以内、大きさが

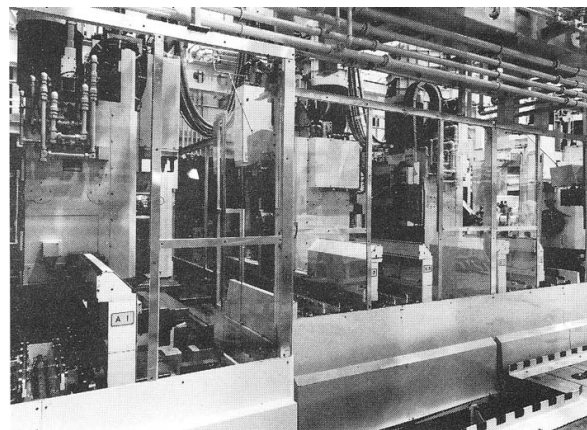


写真5 マシニングセンタの特徴も持つ FMSC「複合切削機構」

1mまで、重量が500kgまでのものを加工組立できるものとしたのです。

この大プロが始まってしばらくして私は研究所を辞めましたから、その後の経緯については、たとえば技研におられた尾崎省太郎さん（後にスズキ）などのほうが詳しいでしょうが、まあこんなところが私が機械技研でかかわったものといえますかね。

——こうしてうかがっていますと、本田さんのご経歴そのものが機械技研の重要研究と重なっていることがよくわかります。MUMから超高性能レーザ応用複合生産システムになって、この仕事はその後の「IMS」（知的生産システム）につながるわけですね。

本田 IMS*は、東大の吉川先生や東京都立大学の古川勇二先生などが中心にやられているようですが、吉川先生はそれまでもいろいろとご協力いただいておりますから、今回のIMSに関しても先の大プロが多少なりとも参考になっているかと推察しています。

私としては、やはり大型プロジェクトにまで載せたことで、将来に対する認識が深まったのではないかと思います。今まで申し上げたプロジェクトの研究費の出かたにはいろいろな段階があって、まず日本自転車振興会つまり競輪の売上げの25%を国産技術育成に使う補助金、次に重要技術開発費補助金で、これは政府出資が70%、さらに大型プロジェ

* IMS

Intelligent Manufacturing System.通産省を中心に今後10年間で約1500億円を投じる次世代製造技術の国際研究開発プロジェクト。1990年4月現在、国内67社、支援企業を含めると84社が加わっており、アメリカやヨーロッパ、カナダなども参加を表明している。

クトのように国の費用が全額出るものがあります。

機械技研関係ではMUMが自転車振興会の補助金でしたし、その次の自動調整型が政府補助金でした。そして、補助金の残りの30%を東芝機械さんなど4社が出資したわけです。

プロジェクトの具体的なアイデアは、参加したメーカーさんにもいろいろ出していただいているのです。大プロの場合は、レーザ関連を含め20社程度参加してもらっているのですが、何しろどうしても自己負担がかかるし、商売としてすぐには成り立たないことも多いのです。

でも、皆さん良くやってくださいました。大プロジェクトで各社間の調整や取りまとめをやってくださったのが、当時の東芝機械の久野昌信社長でした。そりゃ大変なご苦労でしたよ。そして、プロジェクト実行の実際面は東芝機械研究所長の木村浩哉さんです。おそらく久野さんや木村さんなどのご尽力がなければ、大プロジェクトはあるいは完成していなかったかもしれません。

今後の機械分野について

——さて最後に、これまでやってこられた豊富なご経験から、今後工作機械分野はどのようになっていくのか、そのへんをうかがいたいと思います。

本田 そんなことはわかりませんが、まず将来の生産技術に何が求められるかによるわけです。たとえば、次は通信の時代だといわれていますが、それによって世の中がどう変わるかによると思います。

もっと身近なことをいえば、最近の工具もずいぶん良くなってきて、機械の高速化が一段と進むのではないかと思いますね。昔から工具と機械はお互い追い駆けっこの連続でしたが、工具の発展によってまた機械の性能の限界が上がっていくでしょうし、また、どこまでの性能が必要なのかという話にもなります。そろそろ高速化によって、ユーザーにとってどんなメリットがあるかを見定める必要があるのではないのでしょうか。

機械にしても、主軸を高速化するとそれに伴って送りも高速にしなければならない。NCも高速化によって、従来のままでは加工精度がずれてくるといことがあります。そのために、補正処理を加えなければならないとかね。それに、ATC（自動工具交換装置）も交換時間が速くなりましたし、安全カバーの

開閉もそうです。

このように、高速化ひとつ取ってみてもいろいろな問題が絡んでくるのです。

また、工作機械の性能が良いとか悪いとかの議論がよくされますが、使用する目的でいろいろなものがありますから、全体で評価しないといけません。超高精度でなくても国産機はすでに高い水準にあるわけですから、まずその程度の精度があれば良く、むしろ高速加工ができるようにするとか、あるいは大馬力で削れて能率が高いとかね。それらをバランス良く仕上げて、コストパフォーマンスが高いことも必要じゃないでしょうか。

工作機械にはいくつかの条件があります。たとえば、軽切削でも非常に精度が良くなければならないこともあります。その場合には、高速加工で生産性を上げるよりも、逆にゆっくりとした加工が要求されます。だから、機械の評価は目的によって変わってくるんです。

——たとえば、自動車メーカーでは歯車加工用の工作機械は現在でもほとんどがグリーンソン（アメリカ）ですし、研削盤にしても、とくに精度のうるさいのになるとスイスやドイツの機械です。

一方、汎用機になると圧倒的に日本製ですね。ただ、国産の機械は初期精度は良いが、経年変化の点で外国機より信頼性がないといわれていますが……。

本田 日本ももっと努力する面はありますが、世界中に知恵者はいますから、何も日本だけが工作機械を独占することはないんですよ。だから、あちこちに優秀な機械があつてしかるべきです。それに、ある機種に限れば、1社だけで世界の需要に間に合うのですから、わざわざ参入しなくてもいいのではないかと思いますね。

問題は、“できないからつukらないのか、できるけれどもつukらないのか”ということでしょう。私も日本の工作機械メーカーの人に、「世界の名機といわれるものと同じ性能の機械をつくることは可能か」という質問をすることがあるのですが、最近はマザーマシンの多くが国産機に置き換わってきて、日本でもやればできるという自信はあると思います。ただ、特殊なものはコスト的な面で問題はあったでしょうが。

——最近の工作機械の構造は、鋳物ではなく鋼板溶接構造が多くなっていますね。これはこれで良さがあるのですが、機械自体の剛性はあまり良くな

いといわれています。これについてはいかがでしょうか。

本田 実は、それについては異論があるんですよ。それはどうしてかという、鋼板では駄目で鋳物でなければという意見はよく聞くのですが、それが果たして本当なのかということです。かつて、機械学会で溶接構造の研究会をつくって調査したことがあるのですが、溶接構造でも減衰性能を高める方法がありますし、現に大型工作機械の多くは溶接構造です。

私は“定説”に一応疑問を持ってみるのですが、先入観で何でもかんでも鋳物でなければというのは、どうにも解せないのです。確かに、ロットの数で優劣が決まるというのはよくわかりますが……。

私はへそ曲がりですから、どうしても疑う癖がついていて、駄目だというのならそれでやってみようかと（笑）。しかし、経験というのはそれで重要なことですからね。長い間いろいろと試行錯誤して、結局は落ち着くところに落ち着いている。最終的にはそのご意見は正しいのだと思いますよ。ただ、まったく新しい状況が出てきたときは別でしょうが。

——話は変わりますが、アメリカでは有名な工作機械メーカーがほとんど身売りされてしまい、グリーンソンやムーアなど数えるほどしか残っていないようですね。

本田 日本の工作機械メーカーの場合は、今のところはまだいいのですが、アメリカでは経営者が自分の利益だけに熱中して、設備投資や技術開発努力を怠っているという話を聞いたことがあります。だから、技術者が皆他の部門たとえば宇宙航空分野などに行ってしまうと、新規開発すらできない状態だということです。そうした人的な問題も大きいでしょうね。しかし、そろそろ日本でも技術者の補充が難しくなって、同じような問題が出ていますよ。

大学でも生産技術関連の講座に進む学生が少ないようですからね。まず、そのへんから少なくなっている。現在、会社では採用後に再教育をしています。あれに注ぎ込む費用も大変なものです。若い人たちにとって、工学が興味のあるものでなければならぬし、魅力のある仕事でなければね。ただ、実際に会社に入ってみれば、いろいろと面白いことはあるのでしょうか……。

私は現場のことはあまり知りませんが、とくに機械関係は日本の場合はこれまであまりにも勘といっ

たものに偏り過ぎていたような気がします。つまり、理論的に説明せずにお前にはわからないよという論理ですね。それも魅力をなくさせている原因かもしれません。

航空機とか船といった人命にかかわるようなものの設計のように、一般の機械と同じような部分はあるにせよ、理論的にある程度詰めていって、後は経験や勘でというのならわかりますが、最初からやってみなければわからないというのでは、若い人についてこないでしょうね。そんなところをもう少し合理的に考えていかないと、機械分野はますます魅力のないものになってしまうかもしれません。

——貴重なお話をありがとうございました。

(1991年3月13日 SME 東京支部)

出席者 (50音順、敬称略)

梅沢三造 (SME 東京支部事務局長)

佐藤 素^{すなお} (横浜国立大学)

滝口 清 (SME 東京支部長・湘南精機取締役)