

SME LIBRARY 4

日本の工作機械を築いた人々



長岡 振吉 氏

元 大隈鉄工所 常務・顧問
元 豊橋技術科学大学 教授

SME 東京支部

本稿は大河出版「応用機械工学」1988年1, 2月号より抜粋

——長岡さんは長岡半太郎先生のご子息でいらっしゃるんですが、長岡という姓には技術者が多いようですね。

長岡 父は物理屋といいましてね、機械屋とはちょっと違います。私は8男1女の8男、つまり末っ子です。でも、2人は早く亡くなりましたから、実際は6男1女でした。私が生まれたのは1914（大正3）年の5月28日です。すぐ上の兄とは7歳も離れていましたから、まあ完全に一人っ子でしたね。兄貴と相談事などしたことなかった。

一番上の兄は三井合名におりまして、戦争中は木造船をやり、戦後は理化学研究所の理事長をしていました。2番目は“ミスター・ニコン”（元・日本光学工業社長の長岡正男氏）です。F1.4のレンズのガラスを溶かしたりしていました。5男は順吉といって、これは“冷やし屋”というんですが、井口先生の弟子をしていて、冷凍技術を最初からやっていました。

その次が、嵯峨根という家に養子にいましたが、遼吉といって原子力をやっていました。サイクロトロンを回していただいぶ被曝したらしく、ガイガーカウンターを近づけるとガーガー鳴ったそうです。それで私のすぐ上の兄だけが文科系で、帝国人絹から戦後は糖業会館に勤めていました。

——それでは、ご兄弟はほとんど技術関係に進まれたわけですね、やはり、お父様の血を受け継いでいらっしゃる……。

長岡 まあ、あまり金儲けができない分野にばかりいったのですが、親父の影響は明らかにありますね。私も中学生の頃、父からボロンカーバイドの粉を貰って、「ボロンって何？」と聞いたら、「お前はボロンも知らないのか」とそれこそボロクソにいわれたあげく、教えてくれないのです。

当時、私は電気機関車をつくっていたので、それを磨くのにボロンを使っていたのです。ゲージが50mmの大きな機関車をね。それで、車輪の軸を削るのに旋盤をつくろうとベッドだけは古道具屋から買って来たが、後はどうしようもなく往生しました。その頃はモータもなかなかなくて、扇風機のモータを使ったらすぐに焼けてしまいました。

電気機関車をつくるといっても、当時は型などありませんから、空き缶をちょん切ったり真鍮の板を買ってきたりしましてね。車輪や歯車は、しょうがないので金を貯めて買いましたが、車軸を削りたい

ために旋盤をつくろうと思いついたわけですよ。

歯車にしても、減速は主にウォームギヤでしたが、それにフェライトモータがなくて、直巻モータだものだからスタートさせると飛んでしまう。それが一番往生しましたね。

——そのあたりに、もう技術の芽生えがあったのですね。中学生にもなると、何かものをつくるときに図面というかポンチ絵のようなものを描いたのですか。

長岡 いや、そんなもの描きませんよ。いきなり、そこにあるものからつくります。技術といっても、私はものを見ないうちは信じない性格ですから。でも、目標はあるが行くべき道が全然ないのです。親はなかなか金をくれませんから、自分でヘソクリをしましてね、弁当の牛乳代を7銭ずつ貯金すれば、真鍮くらいは買えましたから。

そんなふうにおモチャづくりばかりしていて、数学や英語ができなくて無理やりやらされてきました。高学年になってからは、もっぱらラジオづくりです。それも鉱石ラジオというやつね。日本光学にいた兄がやはり自分でラジオをつくってしまっただけで、その余りものを貰ったり、自分でコイルを巻いてそれにバリコンを付けてね。

真空管になってからは、兄貴と徹夜したこともありました。夜だけよく聞えて、朝になると聞えなくなってしまう（笑）。もっとひどいのになると、裸のときは聞えるんだけど、箱に入れるとさっぱり駄目になる。

工作機械とのかかわり

——そうしたなかで工作機械に関連していたといえれば、電気機関車の車軸を削りたいと旋盤をつくろうとなさったわけですが、それは完成しなかったのですか。

長岡 ええ、全然駄目でした。ベースになる角板だけを買ってきて、それを組み合わせて台だけつくってヘッドストックにしたら、クニャッとなってしまった。扇風機のモータにベルトをかけて回せば、焼けるのは当たり前ですよ。当時は、そんなことも知らなかったんですね。ただ、ミシンを使って足で踏んで回したら、少し切屑が出ました。ひとまず木工旋盤でしょうか。

——そういうことも、まったく本を見ずにご自分で

考案されたわけですか。

長岡 私は、小学校時代は東京・下谷の鶯谷の近くに住んでいました。そこから西片町の学校までだいぶ歩いて通っていましたが、通学途中にロクロ屋が3軒くらい、オートバイ屋が2軒あって、なかなか家に帰ってこない(笑)。そのコースには、回り道をすればいくらでもそんな場所がありました。

私は中学校を6年たっぷりやって、1936(昭和11)年に横浜高等工業を出ましてね、大阪帝国大学の機械科を卒業したのが1939(昭和14)年です。それから、いわゆる「技術者配給」第1号として大隈鉄工所(後にオークマ)にいったのです。横浜高等工業から大学に行ったので、大学ではずいぶん楽をしました。

——それでは無理やり配給されてしまったのですか。

長岡 いや、残っているのはそこしかなかったからね(笑)。機関車をやるか工作機械をやるかということになって、残っていた工作機械を選んだわけです。大隈鉄工所の創立者の大隈栄一さんから親父のほうに話がきていたこともあって、それで面接に行ったら大隈さん1人でさんざん喋って、採用するとも何ともいわない。入社させてくれたのかどうかもわからないのです。

「技術者配給」というのはね、当時は状況があのようでしたから、理科系の大学を出た者は卒業しても勝手に就職できないのです。でも、召集される率も少なかったですね。

——その制度は、何年から始まったのですか。

長岡 それがちょうど昭和14年だったのです。それで得をしたのが海軍の「短期現役技術科士官」という制度でした。その第2期に私がかかっている、海軍時代に工作機械の基礎をたっぷり教わりましたよ。

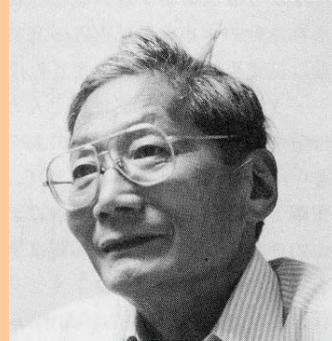
4月に大隈に入って、5月末には海軍に入隊しました。まず砲術学校に10か月、その後は広(広島)の海軍工廠でした。潜水艦に乗る訓練もあって、こちらは二日酔いなのに潜ってしまって往生したのなんの(笑)。工場に行ったら、自分でも機械をいじったり大きな機械をつくるのを手伝ったりして、しっかりと現場経験を積みました。

その当時、すごい工長さんがいましてね、機械のなかが見えてしまう。すべてわかっているのです。ハンドルの位置がどうで段数がこうだから、歯車は

これでなければ駄目だと絵に描いて教えてくれるのです。確か森本工長といましたかな。もう1人、

元・豊橋技術科学大学教授

長岡振吉(ながおか・しんきち)氏



1914(大正3)年、物理学者長岡半太郎の8男として東京に生まれる。横浜高等工業から1939(昭和14)年大阪帝国大学工学部機械工学科卒業。同年、大隈鉄工所に入社後、すぐに海軍短期現役技術科士官として2年間、工作機械の基礎を学ぶ。

同社常務取締役、顧問を経て、1978(昭和53)年から1982(昭和57)年まで、豊橋技術科学大学教授として若手の指導育成にあたる。工学博士。

大河内記念賞、日本機械学会賞、総理大臣技術大賞など技術成果も数多く、非真円軸受、研削盤始め数々の工作機械を設計し、我が国の工作機械の精度向上に果たした役割は大きい。

現在も精力的に研究を続ける傍ら、スキーなど趣味も広い。

森下というゲージ屋さんがいて、この人はゲージづくりの難しさを教えてくれました。

——そういう方は、たとえばシュレジンガーの「工作機械」の歯車速度列の式などは見ていた……?

長岡 そんなもの知ってはいませんよ。その代わり、工場に新しい機械が入るとそれを分解したりして、工作機械のルールというものをわきまえていたでしょう。その当時、工場で1台くらいずつ同じ機械を試作して、自分で使っていましたから。

一番驚いたのは、丸い砲金製のブシュがあるでしょ、それに止めねじがある。普通はブシュの上にペンキが塗ってあるので、ペンキを剥がさないとその位置はわからないのですが、皆を呼んで来てねじの位置を当てっこするのです。下手に剥がすと傷だらけになってしまうのに、森本工長は一発でねじの位置を当てました。これにはびっくりしましたね。

ですから、機械とはどういう常識でつくるものかということ、ちゃんと理解しているのです。理屈に合わないことがあると、それはこうだと教えてく

れました。3つ爪の研磨方法も最初に教わりましたよ。何か物を噛ませておいて研がなければ、このまま研いでも駄目だとかね。

海軍工廠でやっていたのは、大きなものが多かったのです。だから、小さいのは卓上旋盤で済みましたが、大きいものになると六尺、八尺といった大型旋盤を使って、四尺旋盤は使わなかったですね。

バイトも16角が一番小さくて、ハイスの3種を使っていました、それを後で回収してチップに打ち直して、安物の鉄のシャンクにそれをろう付けしてまた使ったものです。

——大隈孝一さんは、長岡さんの1年後に海軍にいますよ。何か物を噛ませておいて研がなければ、このまま研いでも駄目だとかね。

海軍工廠でやっていたのは、大きなものが多かったのです。だから、小さいのは卓上旋盤で済みましたが、大きいものになると六尺、八尺といった大型旋盤を使って、四尺旋盤は使わなかったですね。

バイトも16角が一番小さくて、ハイスの3種を使っていました、それを後で回収してチップに打ち直して、安物の鉄のシャンクにそれをろう付けしてまた使ったものです。

——大隈孝一さんは、長岡さんの1年後に海軍にいかれたのでしたね。

長岡 彼は工作機械実験部のほうに入ったのです。そちらは勉強専門で、私のほうは造機部といって機械をつくるほうでした。私が行った頃は高速魚雷艇のエンジンをつくったり、大きなものでは戦艦「大和」や「武蔵」のプロペラを削る機械をつくってましたね。「モルトン」という等ピッチ割出しのローシェーパーですよ。丈が高くて、引きながら降りてくるものでした。

それから、潜水艦用ディーゼルエンジンのクランクシャフトのピンを加工する機械です。2mくらいのタライを回すのです。刃物を両方に付けて、バランスカッティングでどんどん削る。ところが、熱を持ってくると変形して削れてしまうのです。

しかも、DCモータをACモータ駆動にしてね。当時は完全に特殊なもので、加工する品物にしてもサイズが大変大きなものでした。それで、海軍のほうは2年ちょうどで帰してくれました。だから、大隈鉄工所に戻ったのは1941（昭和16）年です。

——会社に戻られてすぐ戦争が始まったわけですが、戦争中は大変だったでしょうね。

長岡 名古屋の辻町の工場にいて爆撃を食らいました。昭和19年の夏頃でしたか、アメリカ軍機が400機くらい飛んできて、工場の若い者が見ている「あっ、爆弾を落とされた」というので、防空壕に入った途端に至近弾が何発も破裂しました。爆弾を食らうと、もうゴミだらけで世の中が真っ暗になってしまふものです。これが一番ひどかった。

私は、その前に自分の下宿を焼かれていましたから、もう諦めはしっかりとついていて、いやあ、もうやられたということだけでしたね。死ななければいいとだけ考えていましたから。

終戦後に始めたこと

——戦争が終わって、すぐに立ち直ることはできたのですか。

長岡 戦後は賠償で設備機械を差し押さえられて、繊維機械をつくれというのでメリヤスと紡機をやり始めました。両面メリヤスといい、厚地のほどけにくいものね。その機械をつくり始めて、直径20inchの板と筒に幅0.8mmほどのスリットを、少ないもので890本、多いものになると1140本も切るので。このスリットを自動的に加工する機械をつくりましてね。それまではフライス盤を使って数日かかっていたのを、一晩でできるようになりました。

——原理はどのようになっていたのですか。

長岡 専用機ともなると、原理はとても簡単なのです。大きなリングに1140本の1/4とか割り切れる数にして、爪を4つ使って自動的に割り出すようにしました。スリットを加工するときはリンク作動でカッタが回転しっぱなしで、ヘッドが上下する簡単なものです。モータは、クーラント用の200Wを使いましてね。

ところが、何しろ溝の数が多いので、0.8mmのカッタがすぐに減ってしまう。これではいけないというので、海軍工廠時代に覚えたクロムめっき技術を応用しましてね、めっき槽を買ってもらって、カッタが減るとめっきしてまた使うというようにしました。その頃から、クロムめっきには馴染んでいましたよ。

——4本の爪を順番に噛ませて位置決めして、上からカッタを下げてくるというそのスリット加工専用機のアイディアは、長岡さんが考えられたわけですね。

長岡 ええ、もう完全な独創です。あるものだけを

使ってね。円テーブルを貰ってきたり、カッタもある。ただ、カッタヘッドだけは自分でつくりましたけれど。工具はハイスを切ってクロムめっきしてというように、ちゃんと海軍時代に勉強してきましたもの。

そのとき、バック・ツー・バックのプリロード軸受をちゃんと使いましたよ。これも海軍で学んだものです。あるとき、東洋ベアリングの人にこのプリロードの話をしていたら、彼がどこかへ消えてしばらくして5人くらい連れて戻ってきて、「おい、さっきの話をもう一度やれ」というのです。だから、プリロードの話は私が軸受屋に教えたようなものです(笑)。

紡毛機をつくっていたときに、綿紡のほうにフラットプレートという竿のようなものがあるのですが、当時は薄い鋳物でつくられていました。それをつくれといわれて、重役を前に一席ぶったことがありました。

そもそも綿紡というものは、鋳物づくりのベテランが鋳物をいかに高く売るかというためのものだ。今のような鋳物の状態では、そんなものをつくる筋合はないとね。それで、とうとうとまくし立てて意気揚々と引き上げてきたら、3日目になって鋳物課長を命ずる、といってきた(笑)、これを3年やりました。

——確かに、ある知識があって初めて独創性というものが生まれるのでしょうか、長岡さんがつくられたのはかなりオリジナルなものだと思います。やはり、子供の頃の機関車づくりの経験が生かされているといえますね。

長岡 それもあるにはあるが、何しろ手伝ってくれる人はいないし、指導者もいませんから、自分勝手なことばかりして失敗していました。だから、工作機械をやろうとしたのもそれなのです。最初はタービンをやりたかったのですが、頭の良い連中が皆やるので、これはかなわんと諦めました、タービンで機関車を動かすことが夢だったのですが、大阪大学のときに機関車工場に実習にいった、これは駄目だと思いました。それで、工作機械なら誰もやらんだろうと考えたわけです。

兄の順吉は冷凍をやっていましたが、話をすると熱方程式をずらりと並べられて、こちらは何もわからなかった。でも、熱機械のほうが断然面白いですよ。今でも事あらばというところですかね。今でこ

そ大学出がどんどん工作機械メーカーにいけますが、それはNCが登場してからですよ。それまでは、まともな人間は工作機械をやろうなどとは思わなかった(笑)。

大隈鉄工所でも、研究部に配属される人は何か癖のある連中だったですよ。だから、逆にその“クセ”を利用すれば何か役に立つだろうと思って、来た人間の話聞いて何がやりたいのか、こんな性質だからこれならできるだろうと、こちらがその人間に向けた仕事を与えてやって育てたものです。そうでなければ、仕事のできる人間は育たないと思います。

私は人間本位に考えて、仕事は後に考えました。そうすれば、結果的に仕事がうまくいくので、他にもできるだろうと上のほうが配置転換をすると、つまらない仕事をさせられて本人が腐ってしまう。私も計画課というところに2か月ほどいましたが、工数計算もしないで出荷計画を出せとか無茶なことをいわれたので、家出してしまいました。そうしたら、同僚が気を利かせて、「結婚準備のため」と理由を書いて届けを出してくれたこともあります(笑)。

本格的に工作機械の道へ

——大隈鉄工所で本格的に工作機械を手がけられたのはいつ頃からですか。

長岡 戦後では1949(昭和24)年頃でしょうか。試作から旋盤のほうに回されて、作業課長になって部下を30人ほど持たされまして、戦前の図面を少し手直しして旋盤をつくる計画を始めたのです。

ただ、当時は賠償工場に指定されていたので、本当はつくってはいけなかったのです。だから、ある日突然、アメリカ軍の車がやってきて、ベネディクト軍曹といいましたかな、それで旋盤をつくっているのがばれてしまった。「LU」という旋盤でした。歯車は黒皮であまり作りたくなかった機械でしたが、直したい部分を5、6か所書いて部長のところを持っていったら、いろいろいわれましたが全部OKになりました。

でも、アメリカ軍から叱られて、翌日トラックに積んで本社に持っていきました。その搬出に2、3日かかりましたかな。おかげで肩が痛くなってしまった。後で正式の査察があったときは、もう何も残っていないのです。繊維機械だけをつくっているような顔をしてね(笑)。

当時の総務部長という人が軍人上がりの度胸の座った人でね、向こうが英語で何やらまくし立てるのをトボケてかわしてしまっただけ。「事業停止などといわれた覚えはない」などと図々しくいったものです。それで、ほとんど操業停止処分にもならず、なんともかみ消してしまいました。あのときは、本当に「やったあ」と思いましたね(笑)。でも、あのLUという旋盤はつぶされて良かったですよ。新しい時代に合う機械ではなかったですから。

——すると、大隈鉄工所が工作機械の生産を本格的に再開したのは、その後ということになりますね。

長岡 本社のほうではすでに再開していたのですが、正式にスタートしたのはそれから3年くらいしてからですね。ですから、1952(昭和27)年でしょうか。

1951(昭和26)年に講和条約が結ばれて1年後の52年に発効しました。その年の5月に、デブリーグ、クラーク、ケログの3人が、アメリカから視察団の団員としてやってきたのです。この3人が日本の工作機械の救い主ですよ。

その年の11月に私がアメリカに行ったときにデブリーグに会ったので、来日したときの報告書に何と書いてあったのかと聞いたら、「日本には丸く削れる機械はなかった。平たく削れる機械もこれまた見なかった、というのが結論だ」といわれました。

そのとき初めて、アンチフリクション・ベアリング(転がり軸受)を使って主軸をつくることができるということを教わりました。それまでは、日本ではボールベアリングというものは、同心度が2/100くらい違うのが当たり前でしたから。

といいますのはね、忘れもしない1943(昭和18)年の8月8日に大隈の研究所が火事になって、カールツァイスのUMM測定機を持ち出したのはいいが、田圃のなかに落としてしまったのです。だから泥が付いてベアリングが錆びてしまったのでこれは駄目だと思い、それを外して国産のと取り換えてサドルを動かしてみたらピンボケになる。

それで、石油に漬けておいた元のベアリングを取り出して、錆を落としたりどうにか回るようになったので、またそれに取り換えてみたらピシッと出るじゃないですか。これには腹が立ちましてね、こんなベアリングを使っていた日には、戦争に勝てるはずはないと思いました。

——それがきっかけで、長岡さんはアンチフリクション・ベアリングでも十分高い精度で主軸を回転さ

せることができることを実証されたのですか。

長岡 いや、もうひとつ前の話があるのです。アマツールの工場見学に行く頃に、6万回転のスピンドルという仕事を受けたことがありました。これは小さくて径も細いもので、プリロードをかけると壊れてしまう。そこで、溝横振れの量だけプリロードを少なくしたら、ちゃんと動くようになりました。

私は1952年に設計課長に戻りましたが、本格的に工作機械の精度に取り組み出したのはアメリカの視察に行ってからですね。それ以前は、今までの図面が使えると思っていましたよ。

それでアメリカの工場に行ったらこんなもの(写真1)を出してきて、“one microinch only ground”という。つまり、研削だけで1 μ inch(約0.1 μ m)の表面粗さに仕上げることができるというのです。私は、こんなのはスーパーフィニッシュ(超仕上げ)でやれば簡単だと思ったら、光っているのいいのではないといわれました。

丸くてしかも真っ直ぐでなければ、形状精度が良くなければ駄目だということなのです。写真1の加工物は、1955(昭和30)年にスピンドルだけ取り換えた研削盤で加工したものです。これも端面を削っていないというのはものを知らない証拠ですが、完全に丸くはないけれども、その当時これだけ光ったのは驚異でしたね。

工作機械見本市でこのピースを貸せとってきただけで、それをランディスに持って行って、おたくの研削盤でこれだけ加工できるかと聞いたそうです。そうしたら、向うの担当者があわてて飛んできました。その後、ランディスの本社にも報告がいったとみえて、だいぶ後になってから提携しようと言がありました。

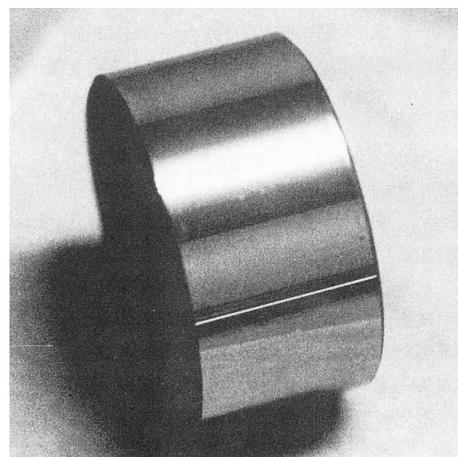


写真1 鏡面研削仕上げした ϕ 50mmのリング

非真円軸受について

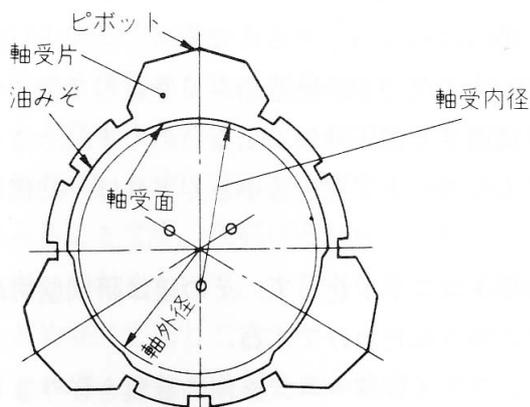
——設計課長になられてから、日本の工作機械を立ち上げるのに一番苦勞されたのは、やはり主軸のベアリングですか。

長岡 アメリカの視察でこの加工法を知ってからですね。戦時形旋盤をやっていたときから、三角のおむすび形の軸受は手がけていたのです。リンドナーの軸受は溝が小さくて旋盤には向かないというので、これを倍に広げました。さらに、研削盤に使うために天井部分をピボットにしました(図1)。本格的なティルティングパッドにしたのです。

それで、1954(昭和29)年の正月にこのベアリングを組み込んだスピンドルが完成して、溝を研削する特殊な研削盤に應用して東洋ベアリングに納入しました。その後、昭和30年の工作機械見本市にスピンドルだけを換えた万能研削盤を出品して、実演して見せたというわけです。

——研削盤用に主軸をつくり始めたというのが、長岡さんの研究のなかでは一番早いといえますか。

長岡 工作機械の設計を本格的に始めて、本当に値打ちが出てきたというのが昭和30年頃でしょうか。それ以前は、さっきもいいましたように残っている木型を持ち出してつくっていたので、だいぶ遅れてしまいました。最初に研削盤をつくって、その後に旋盤をやったのでうまくいったのです。高精度の機械でつくった部品精度は確実に良いことがわかった。そのままで組立できますからね。



油楔の坂は20mmで1 μ m程度の勾配

図1 非真円軸受の断面

——非真円軸受のことを少しうかがいたいのですが、いわゆる動圧を出すための“マッケンゼンタイプ”ですか、マッケンゼン先生の理論によれば、軸受の

ランドの幅と隙間と傾きとで負荷容量は決まり、回転精度も決まってくる。長岡さんはそれに関心を持たれて、さらに改善されていったということですか。

長岡 ええ、そうです。さっき軸受メーカーの人にプリロードの話をしたといいましたが、その代わりにマッケンゼンタイプの軸受の図面を見せてもらったというわけです。これを見て感心することしきりでした。実に良くできている。ですから、プレジジョンタイプだったらこの軸受が一番いいんじゃないですか。

ランド幅12mmというのは、実にいい値を出していると思います。しかし、これを旋盤に使うとバタツキますから、負荷容量を大きくしておいたほうがよいというので、幅をさらに広げたのです。マッケンゼンの9等分を12等分としたら、ずっとつくりやすくなりました。

——製作方法や変形方法に大変苦心されたということですが、たとえばマッケンゼンタイプの軸受のランド幅を20mmに変えたとき、理論的に計算などはなさらなかったのですか。

長岡 そこですよ、私との違いは(笑)。私の場合は完全に custom and habits です。このほうが10倍も強い。あなたは理論が10で突進できる。いい時代に生まれなされた(笑)。理論と実際とでは、ときには大きな開きがあります。

——動圧ではなくて静圧軸受の場合を考えると、静圧は動圧よりも理論に乗りやすいはずなのに、実際にはいろいろなトラブルが起こったりします。負荷容量や剛性を取ってみても、理論値の1/3にしかならないのです。ですから、長岡さんが軸受をつくる方法に関心を持たれているというのはよくわかります。

長岡 実際につくってみなければ、誰も信用してくれませんよ。この非真円軸受をつくって初めて、皆がわかってくれたのです。図面の段階では、こんな三角にしたら当たりが小さくなるとか、冷やかす者ばかりでした。

計算とおっしゃるが、滑り軸受に関しては負荷容量を計算する必要はないのです。たとえば、鉄道車両の貨車がありますね。あの軸受の負荷容量の基準は、滑り軸受で80kgf/cm²ですよ、それだけの負担力がある。滑り軸受は、いくら負荷をかけても壊れないのです。ですから、滑り軸受は負荷容量よりも精度を維持するほうが大事なのです。

——負荷容量や剛性などは、ある範囲で当然出せるわけだから、むしろ研削盤用としては精度のほうを重視するという……。

長岡 旋盤の場合は、軸が暴れると力の方向が変わるし、衝撃のような叩かれる負荷容量なら計算には乗りませんからね。精度を出すためには、寸法は出ているのだからストレートに削っておいて、隙間で押さえていくという方法を取ったのです。

——締めしろでやる方法と、最初から非真円形状をソリッドにつくっておく方法がありますね。

長岡 その方法は、これから5年かかりますね。シェフィールドの工場でウィスキーのビンの金型を加工したときに、スピードが上がらないので表面がきれいにならないという。だから、今でも複雑な曲面の加工は難しいのです。

——昭和30年頃の段階では、ランド幅を広げて変形は寸法で押さえるように工夫されていたのですか。

長岡 あくまでも部品精度で追い込んでいくという考えかたですね。それと、軸受構造をユニット化したということです。研削盤の場合は、砥石の回転面に軸受を置いて、軸に曲げモーメントがかからないように持っていました。ですから、軸受の重要部分の多くは外に出すようにした。変形する部分は外に出さなければ駄目だというのは、最初から気付いていましたからね。それでずいぶん楽になりました。

最近考えていることは、軸受を冷やす場合に、軸のほうに先に暖まるのだから、外側を冷やそうとするのはどうかしているということです。軸を冷却しなければ駄目で、軸受の外側は最初に暖めておかなければいけないのです。

そういうことから、現在内部から油を入れて暖まったのを外に回してから出そうと試みています。やはり、熱容量の大きいフレームのなかにベアリングなど入れるものではない。外に出さなければいけないのです。

——当時は、そうした構造上の問題を解決されて、寸法を押さえていけば精度を出すことができるとわかった。そして、今度は潤滑が問題になったのではありませんか。その頃の非真円軸受のギャップは、たとえば $3\mu\text{m}$ くらいで設計なされたのですか。

長岡 戦時形工作機械をつくっていた当時も、もう盲滅法でしたよ。何はともあれ $3\mu\text{m}$ ギャップを割ると性能がぐんと良くなるのです。

——変形を後ろの寸法で押さえ込んで締め付けていけば、ギャップはいくらになるはずだというのは、考えておやりになったわけでしょう。

長岡 どれだけ締めるというのは、当然考えていましたよ。当時から角ねじは使っていません。1mm山の山ねじです。簡易アジャストが付いたものでした。

——どのくらいのギャップになっているかということよりも、回してみても調整するということですか。

長岡 最初にギャップをゆすってみても、ずいぶん油が残るのです。ですから、ギャップの寸法は測れません。ギャップがゼロになるまで締め付けても大丈夫なのですが、あらかじめその程度を測定しておいて、目標は何 μm 残して締めるということになるわけです。

まず低速で回して温度上がり具合を見る。何度まで上がったらパワーが大きくなるかというのを見ているわけです。2000rpm回すならギャップはどれだけ、600rpmならどれだけと注意書きを付けておいてね。温度が上昇してギャップが小さくなるとパワーは大きくなりますから、もう少しギャップを広げろとね。

当時の軸受の材質はアルミでしたが、その後は鋼にバビットメタルを張ったものを使ってね。値段は何万円もするのです。600rpmで回したときは、低速過ぎて摩耗してしまいました。油が薄過ぎて動圧効果が出ないのです。そこで、油を濃くするかギャップを少し小さくすれば結構使えました。

——この軸受をユニット化して、その後は研削盤用から逆に旋盤に応用されたわけですね。

長岡 ええ、ファインターニング用の旋盤をつくりました。「LP」というベッドとオイルパンが一体になっているもので、軸受が外れるタイプです。あまり数はつくらなかったが、当時の日本で工具旋盤として合格したのはあの旋盤だけです。

——この非真円軸受を旋盤に使い始めたのは何年頃ですか。

長岡 1963(昭和38)年頃じゃないでしょうか。1961(昭和36)年に研究所ができて、それからぐんと技術が進歩しました。実はこのグラフですが(図2)、油温が 30°C と 40°C のときのギャップと負担力の関係を示しています。そこで、もしギャップが $1\mu\text{m}$ 変化したらどうなるかということですよ。

たとえば、 $20\mu\text{m}$ より右ではあまり変わっていない

い。曲線の傾きが急になっているのは6 μm よりも左で、このあたりが値打ちがあるところなのです。皆さん、ここまで攻めてくれない。もっと右のほうで使っているものだから、動圧軸受はあまり良くないとおっしゃる。だから、こんないい軸受はないぞと文句をいおうと思っています。

何十年か経ってこれを見直してみると、これはとんでもないことを忘れていたと改めて思います。発熱量から考えて、もっと冷たくできるのではないかと実験を始めたところです。

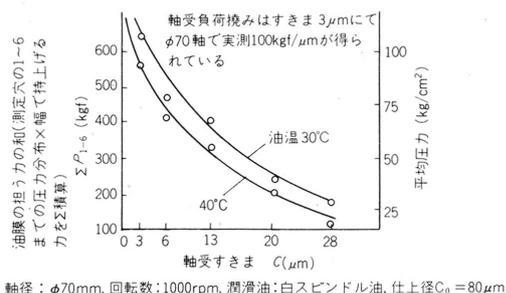


図2 軸受すきまと油膜圧力との関係

——この曲線は実験点の平均値ですね。油温30°Cというのは、どこかチャンバーか何かで測定した値で、真の油の温度ではないわけですね。

長岡 ええ、注入時の温度ですから、表面ではもっと上がっているはずですよ。

——軸受のギャップの部分の油温は何度で、粘度はいくらで、ギャップの幾何学的な形状はこうだということがきちんとわかれば、このような曲線は理論的に出せるわけですね。出さなければいけないのです。

長岡 そんな筋絡はないのです(笑)。そのために仕事が遅れたら馬鹿々々しいです。目的の場所が先に見えているのなら、地図を描く前に歩いたほうがずっと早い(笑)。だから、図面を描いてからやった仕事は間に合わないのです。

私はものをつくるのが役目で、確かめもしないで図面を描くことなんか知ったことじゃないのです。しかも、最初に描いた図面がそのまま通ると思ったら大間違いです。半分以上は必ず直される。とにかくつくるのだと、売る製品に使うものじゃないというと、誰もつくろうとしないので困ります。しかし、それをつくらないと次に進めないのです。

図面よりも、まずつくってみることで。理屈はそれからこねて方向を決める。穴を掘って足をかけて、また穴を掘って足をかける、ちょうど岩登りと

同じです。

——それはやはり長岡先生の流儀ですね。我々のように大学にいて研究をする者は、この曲線をどうにかして予測して、それを一般論として展開できれば、次の研究開発にも指針が示されるのではないかと、どうしても考えてしまいます。

長岡 私が博士論文を書いていたときに、大阪大学の先生にいわれました。「家を建てるのに、基礎から順番につくっていくようなのんびりしたことをやっていたら、とても商売にならない。先に家を建ててしまっ、土台石は後から無理やり押し込んでしまうことだ」とね。さすがに大学の先生だと感心しました(笑)。

平面研削盤の難しさ

——昭和30年頃から研削盤をおやりになっていると、旋盤よりも研削盤のほうに関心が向いてしまわれるのではないですか。

長岡 そりゃ、そうですよ。旋盤は理屈に乗らないですもの。

——先生の場合は、理論はあまり関係がなかったのでは(笑)。

長岡 いや、少しは理屈をこねなければ申し訳が立たないじゃないですか(笑)。

——旋盤は理屈に乗らないというのは、どういう意味ですか。

長岡 あなたは気楽でいいね(笑)。旋盤を動かすのに、ある程度の面圧がないと動きませんね。それも小さな旋盤だったら、大した面圧ではありません。滑り面の面圧は、2kgf/cm²以上にはならないということになっている。そのへんがだいたいの限界になっています。ちょうど車のタイヤの圧力とほぼ同じです。

ところが、ロール旋盤というのがあるでしょ、あれは面圧が何tonかかるかご存じですか。おまけにバイトは上に向けていますよ。4tonくらいかかかっていて、面積は2乗で、重量は3乗で利いてきますから、大型機になると面圧はどんどん大きくなってしまふ。とても動くような面圧ではないのです。しかし、実際には動いています。あれはどうして動くのでしょうか。ハイドロスタティックではないですよ。つまり、地図を見てもわからないことがあるのです。

私も、最初はどのように動くのかわからなかったの

です。でも、現場にいった見てすぐに理解しました。神様が作った“ポンプ”がバックアップしていたのです。その“ポンプ”というのは、つまりバイトの刃先なのです、チーッといいながら削っていないでしょ。バツバツと音を出すたびに送っているのです。あれを見て悟りを開きました。滑り面には脈動荷重がかかっている。

——だから、バイトの先が振動するときに滑り面では油を吸い込んで吐き出し、面を潤滑しているということですか。

長岡 それが本当かどうかわかりませんよ。でも、そんな理屈を付ければ安心できるだろうということです、しかし、もうそんなスライドはなくなるでしょうから、理論説明しなくてもよいでしょう。この軸受を使えばなんということはないのです。ゴミが入らないように注意してさえすればね。もしゴミが入っても、この軸受だと存外楽なのです。

——転がり軸受というのは、運動要素のひとつとしては魅力のあるものでしょうね。

長岡 研削盤は、現在は円筒研削しかモノになっていません。平面研削をしようとするは大変です。平面研削盤だけは、日本の工作機械の忘れ物ですね。昭和40年の設計がそのまま残っているのは平面研削盤だけです。しかも悪いことに、そのままNCを付けてしまった。これはもうどうしようもないですよ。NC平面研削盤は、理論的にいって非常に悪いことだらけなのです。

——確かに平面研削盤は、おそらく日本で唯一、輸入超過の工作機械でしょうね。他の機械はほとんど輸出のほうが多いのですが、平面研削盤メーカーも数社しかなくて……。

長岡 クラシックなのがまかり通っている。ちょうどバイオリンみたいですよ。でも、外国メーカーも少しは考えてくれないとね。ブマーの内面研削盤などは、未だにあんな図面を使っているのは、本当に困るのです。

——研削盤の開発でもご苦労がおありだったでしょうね。

長岡 さっきもいいましたように、研削だけで1μinchの仕上面が出せるという話をアメリカで聞いてから、その後ヨーロッパを回ってリンドナーやラボマ社を見学したのです。両社とも戦後、機械も図面も持ち去られたとかで、頭のなかの図面で生産を再開したそうです。

リンドナー社ではマッケンゼン（9分割）軸受を使い、鏡面の円筒を仕上げていました。そしてダイヤモンドを使って、細い線で10mmピッチのねじを切ってマスタースケールにしているということでした。私はこれを見て、鏡面研削ができる研削盤をまずつくろうと日本に帰ってきたわけです。

そうして完成した軸受が、さっきの非真円平軸受というわけです。万能円筒研削盤にこのスピンドルを付け、さらに電気制御も取り入れたサイクリック研削盤にしました。これ以後、円筒研削盤や平面研削盤にも新しい砥石軸を付けていったのです。

1961（昭和36）年頃からは、本格的に大型の門型平面研削盤や高周波モータ駆動の内面研削盤、マルチホイール（多砥石）のクランク軸研削盤などをつくり出しました。平面研削盤はトムソントイプのを試作してみましたが、1号機は油タンクをベッドの底面にまで入れたので、温度が上がると中凹になってしまったのです。それで2号機からは、ベッドの中段にまでタンクの底を上げて、どうにか切り抜きました。

その後、ダブルコラムの門型平面研削盤をつくりましたが、これはパイプローラ軸受支持で長手トラバースして、砥石軸は偏心による漸減切込み方式にしたので、きれいな仕上面が簡単に得られました。

それに、揺動式のカップ砥石ヘッドも良い成績を得たのですが、自社の工場で3台くらい使っただけで、外販はたった1台だけでした。この機械は機械学会賞を貰ったものなのですが、ほとんど売れませんでした。どうしてなのでしょうかね。

研削盤をNC化するときに、機械剛性をチェックした後に砥石軸の軸受を補強しました。ハイドロダイナミック方式でどのくらいの油膜圧力が発生しているか、またその分布の様子を見るために、0.5mmの穴を軸受面にあけて、それを外の圧力計までパイプでつないで調べたものです。

——平面研削盤にしてもロール旋盤にしても、ロール研削盤になると少し事情は違ってくるでしょうが、ボールガイドやローラガイドを使うということがあると思いますが、それについてはどうお考えですか。

長岡 ボールではなくローラでなければいけません。「ハローボール」というのは、精度が悪くて駄目ですよ。中空のボールができれば文句はありませんが。

——いずれにせよ中空ボールや中空ローラを使った

場合、先生がおっしゃるには1個1個の形状精度の差があっても、変形してその差を少し吸収してくれるれば、全体の精度を確保できるということですね。

長岡 ええ、そういうことです。

——「ハローボール」についても同じですね。

長岡 「ハローボール」は肉厚が均一になるはずがありませんし、負担力も少ないです。

——最近、工作機械メーカーがLMガイド（直線運動軸受）を使う傾向にあるのですが、それについてはいかがでしょう。

長岡 それはいけません。LMガイドは真っ直ぐじゃないものだから往生していますよ。スーパーフィニッシュもしていませんしね。玉もソリッドで小さすぎます。

——長岡さんのように、マッケンゼンタイプから始まって軸受精度を追及されてきた方からご覧になると、LMガイドをやたら使うことには感心なさらないのではないですか。

長岡 LMガイドを使うと、機械構造が非常に弱くなってきます。足が長くなるし寸法がどうしても大きくなる。

——そのへんはご批判があるようですね。LMガイドを使うくらいなら、ローラ径の寸法増加だけで済みますから、ローラでやったほうがよいということですね。ただ、LMガイドはつくりやすいということはあるでしょうか。

たとえば、ボールの真球度とローラの円筒度を考えた場合、原理的にはボールのほうが精度を出しやすい、つくりやすいと思います。また、硬さはヘルツの接触応力で決まるわけです。全体の変形もありますが、接触の変形もある。さらに、その外側を支えるケーシングの変形との三つ巴なのです。ですから、そのバランスさえ考えれば、何もローラでなくてもいいのではないかと考えています。

長岡 そうおっしゃいますが、凹まなければ困りません。高さの違うローラが一樣な高さになることを考えればいいのです。以前に平面研削盤を使っていて、あるところに来ると0.02mmポコンと上がる。軸受を分解してみたら、リテーナをつなぐブリキ板が外れていたのです。しかもそのブリキの厚みが0.27mmもあるのです。それが結果として、0.02mmしか現われてこないのです。もし、ソリッドなものなら0.27になって出てくるし、損傷もあるはずですよ。

あの平面研削盤の一番良いところは、素材のFC30

に何も手を付けていない。焼入れもしていない。そこで、10kgf/ μ mの剛性のローラを使って傷も付かない。そこが良いところです。自動車のタイヤには空気が入っているでしょ。

NCのメリット、デメリット

——長岡さんは大隈鉄工所におられた頃からNCも手がけてこられたわけですが、全般的にみたNCのメリットとデメリットについてお話しいただけますか。

長岡 今のは電気屋を儲けさせるためのものです。大体あれだけ複雑にする必要はないですよ。自動車でも、デラックスにしないと日本人は買わないそうですが、あれは良くない。NCの制御方法は、実用的にはP to P（Point to Point＝位置決め制御）で十分だと思います。

——それはどういう意味ですか。

長岡 P to Pだと、昔のプリント板でやっても簡単に済むのです。今のはcontour制御（コンティニューアス・パス＝輪郭制御）でしょう。まるで世話焼き婆さんが、こっちおいでと呼んでいるようなものです（笑）。あれで追従精度（注＝指令軌跡に対して工具が追従していくこと）が出るんですか。

——NCは、基本的にP to Pでいいということですか。

長岡 ええ、そうすればあんなに大きな箱は必要ありません。

——しかし、一方では、世の中には複雑な部品をつくらなければならないというニーズもある……。

長岡 そのへんが、私と考えかたが違うところです。できるかできないか、稼げるか稼げないかの違いは何だといえ、*“Jack of all trades masters none”* ということ。私みたいな人間のことをいうのです。つまり、何でもやっている奴は何の親方にもなれないということです。むしろ、何か1つだけやっているほうが親方になれるのです。だから、これからは専用機でいけといっているのです。日本の場合、流行をつくってごまかして商売をしているのがけしからんのです。

精度の高い部品を加工する機械は、非常にシンプルな構造でなければならないのです。たとえば、鏡面加工機はスピンドルとサドルが動くだけです。

——それはよくわかります。日本の実状では、どこ

も同じようなものをつくっているから良くないということもよくわかりますが、NC 自体についてどう思われますか。

長岡 P to P は庶民の NC で、いわば山の麓から登っていくようなもので、アメリカの NC は貴族のようなものです。頂上から降りてきて、送りの指定に V/L/秒という人間の感覚にない数字を使う。だから、誰でも使えるというものではありませんでした。

それに対して P to P でも、昔の作業標準表があればその数字をそのまま入れればいいというようにできるので、今まで使っていた機械のように使えるのです。だから、高価な輪郭制御を使う必要はないということになるのです。結局、それで良かったのです。

P to P は、いろいろな形状のものがつくれないという。しかし、これだけできるのならいいじゃないかとね。しかも NC を安くつくれるのなら、機械を寝かしておいても大したことはない。

その証拠に、プラット&ホイットニーでもトライオーディネートでも、30 台くらいのブリッジポートの古典的フライス盤を 3 人ほどの職人さんで操作しています。日本は狭いので少し事情が違うかもしれませんが、安い機械なら稼働率はあまり問題になりません。

さらに、機械がたくさんあれば、1 台故障しても他の機械がバックアップしてくれます。糸川英夫先生もおっしゃっています。高速道路は最低 2 本にしてほしい。1 本では、何かあったときに予定が立たないとね。

これから重要なことは、つくれるかつかれないかではない。納期をきちんと押さえることです。素早くつくって、納期に確実に間に合わせることだ。あるメーカーなどは、スペア機械を残しておかないと生産に支障をきたすといっています。高性能な機械ほどスペアが必要なのです。

商売上では、機械というものは壊れるようにしておかないといけないとか。それが商品というものだと思います。「デラックス」の定義は、壊れるものがたくさん付いていることです。現在の NC は、お客さんに見せるための機械になってしまっています。山のてっぺんまで行かなくても、3 合目くらいで見晴らしの良いところがあるんです。そこが風も吹かなくて暖かい場所なのです (笑)。

——確かに、先生のおっしゃるように仕事の範囲を

限定して、安価な専用機を揃えてやるという考えかたもあるでしょうが、日本も世界もこのように NC 化が進んできた現在、そのようなことは可能でしょうか。

長岡 いや、皆考えていますよ。こんなもの買ってしまっただけ良かったかなとね。NC 機械の一番の欠点は、工具を同時に何本も使えないということです。3 本も 4 本も同時に使おうとすれば、プログラムがやっかいで危険でしょうがない。2 本同時に使うときでも、仕上げ段階では 1 本でなければ商売にならないのです。

——どうも先生は、NC はあまり好きでない…… (笑)。

長岡 そうじゃないですよ。今の自動車と同じで、やたらに値段を高くするから腹が立つのです。工作機械屋が稼いでいるのか電気屋が稼いでいるのかわからない。お陰様で工作機械は高く売れますけど、歯車の入っていない工作機械で間に合っています。あんなものは単能機ですよ。鋳物だけで計算したら無茶苦茶な儲けでしょう。後は電気配線するのに高くついて、NC メーカーを養っているようなものです。

それはそれで悪いことはありませんけれどね。そんなことでは NC 嫌いにもなりますよ (笑)。壊れなくて精度の良い部品がつけられるのがいいのでしょ。

——先生の見方からすれば、最近の工作機械は鋳物のドンガラに穴をあけて、そのなかに買って来たベアリングを入れて、それに NC 装置を付けて、その制御で精度が出せるといっているが、そんなものではないということですね。

長岡 そうです。そんなことで精度など出やしませんよ。機械が高価なもの、そうした部品を高く買わされているからなのです。

——それでわかりました。本当は NC 嫌いではないわけですね (笑)。

長岡 NC 時代なんだから、NC 工作機械を使っていますよ。だけど、contour 制御などという“ヤクザ”なものを使うなということです。もう少し“堅気”なのを使えといっているのです。contour 制御は 1 μ m ステップで追い込んでいますが、これで砥石を送ってみてごらんください。砥石が坊主になってしまいます。

P to P 制御を使って、ある点まで行くと指令して、その少し手前でスローダウンしなさいとやれば、こ

これはDCモータを使った速度制御です。だから仕上げ工程も楽にできます。それをカタカタッとやるものだから砥石がもたない。

それに砥石屋もいけません。日本人は値段が高いと買うものだから、高い砥石だけ売ってアランダムを売りません。アランダムでなければ光らないのです、あれはNC屋よりまだひどい。

マシニングセンタにしても、工具を100本も付けてそのうち1本しか使わずに他の工具を待たせておく。それでよく商売になると思います。そこへいくと、偉いのはブラザー工業です。あれは完全な専用機ですよ。ベースは1機種で、本当に稼ぐところはああいう機械をつくるのです。それで、ブラザーの人に「3年で元を取りましたね」といったら、「いや、もっと早かったよ」とはっきりいいました。

——現在はデジタルサーボをするのに、エンコーダを歯車式に増速して割り出していますが、あれで今後もいけるかという疑問に思いますが……。

長岡 2 μ m保証ということになると、現在のボールねじでは駄目だといえます。ボールねじは、100mm往復すると1 μ m伸びてしまうのです。冷却させるといっても、そう簡単には冷えませんからね。ですから、ボールねじの精度は1/100止まりですよ。

それに、NCの位置決め方法もアブソリュート（絶対値）方式のほうが良いということはわかっています。ハンドリングにサーボを使うのなら、P to Pで十分ですしね。

——教科書の最初のほうにも、アブソリュート方式が良いかインクリメンタル（増分）方式が良いか、その得失が書いてありますが、自分でやってみればアブソリュートが良いというのはよくわかります。

長岡 1975（昭和50）年頃に、アメリカのNC装置「センチュリー500」が日本に入ってきたときに、早速蓋をあけてアース線の太さを調べてみたことがあります。もしそれが太ければ“玄人”で、細かったら“素人”だとね。

というのは、NCの使用電圧は低いから、電圧を下げるためにはかなり太いアース線を使わなければ駄目だということを経験的に知っていましたからね。それで実際に見てみたら、すごく太いアース線が使っていました。

それと、NC装置に後から「スパークキラー」なんでものを付けようとは、夢にも思わなかったですね。NCのそばでガントリクレーンがガツンと動くと、機

械が暴走してしまうのです。同じ電力ラインで雷のようなものを落とされたら、そりゃ応えます。

今後の工作機械が目指すもの

——これまで長岡さんのご経験を始め、工作機械や生産技術がどうあるべきかについてお話いただきました。ところで、先生の50年にも及ぶ経験から、これから日本の工作機械工業、加工技術がどのようなところをターゲットにすべきかをお聞かせいただけますか。

長岡 まず、皆“マイクロの壁”というのを認識していません。これからは温度との戦いだと思います。アメリカのローレンス・リヴァモア研究所のマクルーアがいています。「熱が発生する部分は、室温の水を通して冷却せよ」とね。これは一番良い教えです。でも、日本ではどう間違えたか、軸受の外側を冷やしてしまったのです。

日本の工作機械業界には、アメリカよりも優秀な技術者が集まっているはずなんですけれどね。おそらくアメリカの技術者は、もう工作機械について考えることをしないでしょ。

——先生のお考えとしては、機械の構造はできるだけシンプルにして、専用機的使用かたで製品を安くつくれる機械を供給すべきだということですね。

長岡 しくみを複雑にするよりも単純化するほうがずっと難しいのです。そして、同時刻でエンゲージしている工具の数を増やすことが先決だということです。これは、大隈鉄工所で「パーツセンタ」を手がけてずいぶんお金をかけて、やっと気が付いたことです。マテリアル・ハンドリングにロボットを使うようなことをしてはつまらない。

作業目的が少ないならば、機械がやってくれます。contour制御にするからロボットが必要になり、NCが要る。もちろん、パーツセンタのときもハンドリングに自分のロボットは使いましたが、当時はマテハン恐怖症が直り切らない頃でしたからね。マテリアル・ハンドリングは、絶対に機械的なものでなくてはなりません。機械の値段より高いロボットを平気で買ってしまう。もう無茶苦茶ですよ。

鏡面研削の時代になるとね、これまでの研削方法を変えなければならぬのではないかと考えています。次の時代は2頭研削盤になるのではないでしょ

うか. 荒引きと仕上げとは性能が違うわけですよ、性格がね. ですから、荒引きで真円度を出して、それを保ちながらラッピングのように、低速で面の格子が歪まないような細かい加工をしなければならないのです.

現在のような大きな砥石を使うと、どうしても荒引きと仕上げの時間が同じだけかかってしまうのです. それで荒引きだけなら切れる砥石を使えるから、それでH_{max}2S程度に仕上げしろを少々つけて、正直に粗仕上げしておくというわけです.

刃物が切れなければ丸くならないし、切れる刃だと光らない. そういう相反するところがありますが、まず丸く削ってそれから光らせてしまう、それが実用的なところの限界でしょうね. その点がスチューダの偉いところですよ. ただ、砥石を交換するということが悪いのです.

いずれにしても、加工物と砥石の間の硬度差が大きければ、取りしろは大きい面は粗くなるに決まっている. ですから、硬い砥粒で荒引きをきれいにし、その後は硬度差の小さい粒度も小さい砥粒の砥石で仕上げるのがよいと思います.

あるとき砥石屋に「日本刀はなぜあんなに光っているのか」と聞いたら、「それは砥石が切れないからだ」と即座に答えました. それで経験したのは、ダイヤモンドやすりでバイトを研いだらきれいに仕上がらない. 傷だらけになる. そこで今度はルビーやすりを使ったら、ピカピカになりました.

——砥粒が自生発刃するという事は重要なことなのでですね.

長岡 砥粒が破碎しないと平たくなってしまう. 熊谷直次郎先生の「自生発刃理論」ははっきりしているのです. ですから、自生発刃をうまく使えばきれいな面をつくり出せるのです. それで、鋼を研削するのにアランダムを使わずにホワイトアランダムを使うから、仕上面が傷だらけになってしまう. ただ、軟らかい砥粒と軟らかい砥石というのは意味が違いますが.

——破碎していくというのは、ラッピング的な効果に近いものがあるのでしょうか. ラッピングは砥粒が転がりますね. 転がるということは、破碎しなくてもそれと同じようなことがあるのでしょうか.

長岡 もう少し取りしろを取るといことになると、砥粒を直接植え込んでやすりをかけることになるのでしょうか、もう少し小さな浮遊砥粒があれば、も

っと加工を速くできるかもしれません. 浮遊砥粒で刃先をある程度浮かせて、傷が付かないようにするわけです.

——非常に微細な砥粒が転がりながら削るので、きれいな面ができるということですね.

長岡 だから平面研盤などは、ボラゾン砥石の幅を狭くして使って、レジノイドボンド砥石で研げば、勝負が速いのではないのでしょうか. しかも正直な面が出ると思います.

——CBN 砥石だけで荒取りから仕上げまでやるというのは、確かに問題があるかもしれませんね.

長岡 切削の場合、加工物と工具の硬度差があれば削れるのは当たり前で、きれいな切屑が出るのです. つまり、仕上げ用の研削砥石には硬過ぎるのです. 鶏を裂くのに牛刀を以てする、といったところですか. ちょっと適切ではないかもしれないが、要するにミスマッチだということです.

——最後に趣味の話で恐縮ですが、スキーのご経験はずいぶん長いそうですね.

長岡 スキーを履いたのはずいぶん昔ですが、まともに滑れるようになったのは最近です. 30° の斜面が一番調子がいいですね.

——30° というのは、相当きついですね.

長岡 いや、そんなことはありませんよ. 37° になるとこりゃ怖い (笑). 名古屋から 100km 北に行くと、大日岳とか鷲ヶ岳とかいいところがありましてね、シーズンの始めには鷲ヶ岳の初心者コースで足慣らしをするんです.

朝の 5 時半に家を出れば 9 時にはスキー場に着きますから、10 回券を買ってそれを使い切ると午後 2 時頃になって、日のあるうちにさっさと帰ってくるというわけです. 美濃の山というのは雪の降る最前線ですから、1 晩で 1m も積もることがあるのです. 今でも大晦日になると必ずスキーに行くことにしているんですよ.

——どうも長い時間ありがとうございました.

(1987 年 7 月 25 日 学士会分館)

インタビュー

古川勇二 (東京都立大学)

(敬称略)