

◇ 特集 砥粒加工の想・記・伝 ◇

新たな研削加工技術の潮流を混在した工学技法で乗り切る

Adapted in the mixed engineering technique on the trend of newly grinding technology

小泉孝一*

Kouichi KOIZUMI

1. まえがき (生来の「左利き」なるが故に)

1.1 カミソリ・鋏・バリカンなどの切れ刃砥ぎが日常茶飯事

東京下町(足立区)の商店街の理髪屋長男として生まれ育ったために、カミソリ・鋏・バリカンなどの切れ刃砥ぎ作業は日常茶飯事として馴染んでいた。また、商店街の魚屋・八百屋なども日々の食材を小売り=切り売りするため、部位に応じた刃物(刺身・菜つきり包丁類)の切れ味を日々維持するための刃先砥ぎなどの刃物手入れを怠らず、食材の新鮮さや清潔感を切り口で示し、来客の購買意欲を引き出していた。

1.2 「革砥」による切れ刃の微細バリ除去と切れ味調整技術

一方、理髪屋は、人の髭や髪濃淡・柔軟さは千差万別で、状況に応じてカミソリの切れ味を調整する。その際、「革砥」と称する適度な弾力を持つ馬の尻革を用いて、天然砥石による刃物砥ぎ動作と同様に、リズムカルに8の字を描き左右旋回を繰り返して、砥ぎ面の平滑平坦性を損ねることなく、切れ刃の微細なバリ除去や先端半径の丸みを研ぎ直しする。このカミソリ刃先と指先の微妙な力加減で皮膚を引っ張り、種々の髭やムダ毛を剃ることが理髪業の技能だと幼い頃から見聞きしていた。いずれこの職人技も中学卒業後には習得するのかと理解していたが、世の中は、洋服類の胸ポケットなどに至るまで「右利き」が標準仕様の世界。老若男女の顔や襟にカミソリを充てムダ毛を剃る理髪屋は、鋭利な刃物による客への不安を払拭する信頼関係が、切れ刃の手入れと同様に重要となる。この理由により、「左利き」での客への髭剃りは不安感を与える、親から宣告され、弟に家業を譲り、新たな活路を開くため、公立工業高校への進路を選択した。

2. 母校(工業高校)が工業高等専門学校に転身

戦後の航空産業復活に呼応して、1955年に荒川区所在の母校名も城北から航空に変更し、建学趣旨が復活した。

1958年に入学した段階では、航空と機械の両学科の卒業生は、航空運輸業界・航空産業関連の重工業企業への就職率が高く、就職先の選択肢として心密かに願望していた。

しかし、卒業間近の担任との進路相談で、現工高を閉校して新設高専となる母校に残り奉職すべし。ただし、東京都技術系公務員資格を取得し、理系の夜間大学への進学・卒業が必須条件。親からも自己判断で行動と言及され決断した。

3. 発足時の都立航空高専における学術研究環境

1966年に日大理工学部電気工学科を卒業し、高専助手として電気・計測系教科集団に在籍した。研究分野は、機械工作系に所属した。工高からの大半の移籍教員は、教科指導や教材研究などの経験は豊富だが、学術研究に必要な学会活動や学術資料に基づく実験研究には殆ど無縁であり、試行錯誤を繰り返していた。また、高専学生の就学年齢が高まるに伴い、新たな教授陣が外部招聘や推薦公募により充当されていた。機械工作系でも、川崎市所在の某製作所研削盤事業部の現役技師が実験研究活動や学術論文作成の経験者として着任した。同時に、同社を定年退職した加工現場の卓越技能者を非常勤講師として迎えた。以後の研削加工に関する学術研究活動と機械改造時の機材制作には、着任教授の指導下で、総勢10名の学術研究集団となった。

同じ時期には、着任教授の紹介で、都立大学工学部機力制御研究室へのゼミ・実験研究参加の機会が与えられた。

研究室への研修は、後の研究活動の基盤となる討論仲間や静圧流体潤滑技術・制御理論を学ぶ貴重な体験を得た。

3.1 機械量(力・変位・温度など)の電気信号への変換

1970年頃では、内外の学会誌・文献の掲載論文に基づく切削・研削抵抗・温度測定などの再現実験が高専卒研として実施された。この時代の実験データ収集には、切れ刃工具や被削材固定部に撓み変形部を設け、ストレインゲージを貼付け、撓み量を電気信号へ変換する方式が用いられた。

この他にも、研削点近傍の温度測定には、異種金属線と被削材間で熱電対を構成した熱起電力による温度・電圧変換や電気マイクロメータの中空差動トランスのフェライト芯材の変位量に線形比例した出力電圧への変換方式など、機械量の電氣量への変換方式が当時の先進計測技術であった。

3.2 研削砥石軸受構造の違いと研削性能

着任された卓越技能を有する講師の方に、これまで蓄積された加工技術の勘所を率直に尋ねた結果、設計者が要求する加工精度と生産性を機械加工で確保するには、高精度・高剛性機械と工具切れ刃の創成技術に尽きると明言された。

そこで、既存の平面研削盤の転がり軸受支持砥石軸と同寸法の静圧流体潤滑軸受(以下静圧軸受と略称)支持砥石軸を試作した。両者の研削性能比較実験をビビリ振動発生や加工面粗さなどを主眼に実施した結果、研削性能は、砥石軸の運動特性と回転精度に支配されることが体得できた。

* 株式会社 三鷹精工:〒196-0021 東京都昭島市武蔵野3-2-32
(学会受付日:2016年9月30日)

4. P. O. M. A技術による研削加工と研削盤の精密化

所属した都立大・高専の研究グループは、従来は個別分野であった研削加工技術と研削盤の精密化技術を融合した「精密運動学」を1977年に関連学会へ提案投稿した。その技術理念は、研削盤の運動誤差(回転・直進案内運動、位置決めなど)と駆動系擾乱量をサブミクロン領域に低減するP.O.M.A (Point One Micrometer Accuracy) 技術である。

この新技術により、従来技術では加工困難であった半導体や脆性材料の研削加工における新たな研削性能が展開可能と予測し、それを立証する研削盤の改造に着手した。

4.1 静圧空気軸受支持研削砥石軸の開発

浜松市所在の某センタレス研削盤製造企業が保有している英国製平面研削盤に搭載した静圧空気砥石軸の分解とスケッチ許可を得た。このスケッチ図から、企業所属研究者の好意で空気軸受の剛性・負荷容量・消費流量など数値解析が得られた。これを参考に静圧空気軸受砥石軸を試作した。

4.2 微細位置決め送り機構と複合案内方式の開発

静圧空気軸受砥石軸系構造物を上下方向に円滑運動状態での位置決め送りの確実な実現には、都立大機力制御研で開発した油圧サーボ制御の負荷補償方式とパルスモータ駆動による微細(0.2 μ m)位置決め機構を試作開発した。

一般に平面研削盤では、加工作業空間を確保するため、砥石位置が上下方向案内面や送りねじの取付位置から突き出した片持ち構造となる。この位置決め方式の問題点は、モーメント外力による砥石軸の姿勢変化が制御できないため、全面拘束型の静圧案内方式が姿勢制御として最適となる。

しかし当時、この改造計画に費やす研究資金が不足し、打開策を案じた結果、運動基準面はキサゲ加工摺動面。対向面は静圧案内とし、境界潤滑環境下での円滑摺動・姿勢制御と振動減衰性能を確保する複合案内方式が生まれた。

4.3 砥粒切れ刃による脆性材料のダクタイルモード研削

1980年頃の時計市場は、水晶発振(クォーツ)時計が普及し始め、田無市所在の某時計企業と水晶材の微細(超精密)研削加工技術と加工機械開発の共同研究が実現した。

硬脆特性を持つ水晶材の研削加工では、研削盤の案内運動機構にはロストモーションと運動に伴う摩擦変動が無く、回転運動機構には真円運動性能を備えた運動要素技術に加えて、砥粒切れ刃と水晶材の加工干渉領域を塑性変形(ダクタイル・モード)領域の研削加工が必要不可欠技術であることが、この共同開発研究を通じて実証することができた。

4.4 ダイヤ砥石の形状修正と砥粒切れ刃の創成技術

当時入手したダイヤ砥石の外周形状誤差は20 μ m前後であった。このために必要なダイヤ砥石の形状修正と砥粒切れ刃創成(ツルーイング&ドレッシング)に有効な技術として、研削盤テーブル上に小径ダイヤ砥石を高速回転させる小型静圧軸受砥石軸を試作・搭載して、ダイヤ砥石を被削材とする円筒研削加工で形状修正した。加えて、ダイヤ砥粒の切れ刃創成には、修正用のダイヤ砥石を铸铁円板に換え、前後運動し

ながら遊離砥粒を注入するラップ加工法を用いた。

この着想は、微量の遊離砥粒を用いて、刃物にリズムカルな旋回運動を与えた刃物砥ぎ動作を真似た産物である。

蛇足だが、一連の開発研究から得られた技術知見を総括し、関係する諸先生方のご指導により、学会査読論文を添え千葉大学大学院自然科学研究科へ学位申請論文として提出した。所定の審査手続きを経て1996年1月に受理された。

5. 静圧潤滑技術による製造企業への技術支援と開発研究

静圧流体(圧縮・非圧縮)潤滑軸受計算を科学技術言語でプログラム構築した。この結果、技術支援・共同研究を通じ要望する製造企業への静圧潤滑技術の普及を容易にした。

5.1 静圧空気軸受とPC信号処理による測定器開発

1980年頃、昭島市所在のゲージ類のラップ加工を手掛ける某製造企業より、ゲージ類の販路が低迷し、ラップ技術による新たな固有製品とする静圧空気軸受の設計製造支援を依頼された。当時、8ビット演算のプログラム計算機が普及し、このインターフェースを介して電気マイクロメータの変位比例電圧を画面表示する真円度測定器の開発を技術支援した。

同時に、ラップ職人の作業を見聞し、適度な全身力で加工物に八の字運動を与えて加工面とラップ定盤の平坦性を維持する動作には、刃物砥ぎ動作と共通し、共感を覚えた。

5.2 静圧軸受方式研削盤の実用化と砥粒切れ刃の修正

同じ時期、高専での研究所属教授を通じて、岐阜県関市所在の某平面研削盤製造企業への技術支援を教授代役で引き受けた。当初は、静圧軸受方式平面研削盤の開発支援限定であったが、関市は刃物製造でも知られ、セラミクス材刃物や包丁などの刃先研磨の自動機械も手掛けていることを知り、人一倍、刃物砥ぎに関心を持つことから、ダクタイルモード研削が切れ刃創成にも最適技術であることを力説し、微細位置決め機構など開発機全般に技術支援を拡大した。

5.3 脆性材料の圧力と運動転写の2モード研削加工

2001年に高専を退職し、約7年の間、静圧軸受の技術支援企業に現地赴任した。良好案件の一例は、東北大精密加工研の基本構想に静圧軸受を適用した平面ホーニング盤がある。開発機は、砥石・ワーク・ドレス軸の3軸独立構成である。ドレス軸による砥粒切れ刃の連続目直し創成。力操作モードを用いた圧力転写加工。これに、砥石軸と残り2軸の回転数比で刃物砥ぎ動作のリズムカルな8の字旋回運動を与えて脆性材加工の要求条件を満たす平滑平面精度を得た。

6. あとがきと謝辞

限られた紙数により、成功事例の時系列記述に限定して、後段の技術支援における未解決や不具合事例を省略した。

なお、文中には、ご指導戴いた諸先生方やお世話になった製造企業と経営陣の方々並びに先輩諸兄や討論仲間などの氏名公表を差し控えるとの執筆規則のため、無名・匿名表記をお詫びすると共に、改めて、深く感謝申し上げます。