



FFF 加工

加工に関する研究は、電気泳動現象を利用した研磨法の開発から始まった。それは、ある本を読んでいたとき、文中に電気泳動なるワードが目にとまったことによる。太文字で書かれていたためかもしれない。数日後、微細な研磨砥粒も電気泳動するのではないかと、ふと思った。院生が、U字管を用いてただちに実験を行って来て、予想通り泳動することが分かった。そこで、簡単な研磨装置を試作し実験を行った。その結果、研磨加工が可能になったことが明らかとなった。電気泳動研磨の始まりである。

次に、磁性流体を利用した研磨法の開発を行った。磁性流体なるワードがあることを先生からお聞きし、製造会社が国内にあることを突き止め、購入した。非常に高価な品物であった。当時の講座予算を考えた場合、使い捨てなど増外であった。それで、どうしたものかと毎日流体の入った瓶を眺めたため息をついた。しかし、何とかしなければならぬので、意を決めて実験を行うこととした。磁性流体の使用量（使用後破棄）に気を使いながらの実験となった。簡易な実験装置を作り、ガラスの研磨加工を行った。9月の初旬に、深刻な顔をして院生（2年生）がやって来た。「どうした」と尋ねると、「コイルに電流を流すと加工量が流さない場合に比べて少なくなる」と言う。予想もしない報告で、愕然とした。その時、学生に転進させるべきテーマもなく時間も残されておらず、どうしたものかと重苦しい雰囲気となった。解決策は何か？ 思いつかないまま、電磁石の鉄芯の丸棒（両端平面）をドリルで穴加工してみてもどうだろうか、その場を取り繕った。数日後、実験しましたと学生が報告に来た。何と、電磁石の銅線に電気を流すと、流さない場合に比べて加工量が増えるという。感激の極み！ であった。磁束密度が重要な要であったことを知る。本研究は、磁気研磨の先駆けとなった。その後、別に行ったプラズマ加工の研究を含め、これらの一連の研究に対して、今中先生はFFF（Field-assisted Fine Finishing）加工と命名された。しかし、その後間もなくして先生は東京大学へ転任なされた。

研究の意欲が次第に高まってきたので、さらなる別の研究テーマに取り組みたい衝動に駆られた。その内の一つに、電気粘性流体研磨に関する研究がある。電気粘性流体なるワードを文献から知っていたので、それを使って研磨加工が行えないかと考えた。粘性流体に懸濁させた砥粒の運動を、流体の粘度を変えることで制御しようというものである。当時、国内でまだ電気粘性流体は発売されておらず、独自で電気粘性流体を作ろうと考えた。A社から液体をB社から粉体を購入し、それらを混ぜ合わせて粘性流体を作ろうとした。苦闘しても苦闘しても期待するような粘性流体はできなかった。数年後、ブリヂストン(株)から電気粘性流体が発売されたが、すでに熱気は失せつつあった。購入はしたものの研究は進まなかった。後日、他所で同じ考えの下に研究がなされていることを耳にした。粘り強さの重要性を改めて思い知った。

研磨パッドの性能評価

同時並行して、研磨パッドの性能評価に関する研究も行

った。ガラスやシリコンウエハ等の研磨に、発泡ポリウレタンパッドが使用されているが、パッドの材種によって研磨性能が異なるといわれていた。そこで、パッドの粘弾性特性を測定する装置を開発し、市販の各種パッドについて測定を行った。パッドの瞬間弾性値と遅延弾性値を計測し、それらの値を各パッドについて比較検討した。その結果、パッドの力学的特性が研磨に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。本研究は、研磨パッドを選定する上で重要な指針を与えるばかりでなく、本測定法を研磨工程に組み入れて研磨のプロセス管理にも使用できる可能性があることから、斯界の注目を集めたように思われる。

硬脆材料のレーザ切断

続いて、レーザ切断に関する研究を行った。ガラスやシリコンウエハ等の硬脆性材料の切断（割断）加工は、通常ダイヤモンドスクライバーを用いて行われるが、一般に微細な切粉の発生（発塵）は不可避である。発塵を伴わない精密切断法の開発が当時、精密加工分野で求められていた。そこで、YAGレーザを用いてガラスの切断が行えないかどうか検討した。熱応力を制御して切断を行う加工法である。切断実験は、次のようにして行った。ガラス板上面隅部をヤスリ等で少し擦り、微細なクラック（スターター）を導入する。その後、ガラス板面上を隅部（角）の方からゆっくりとYAGレーザを照射しながらトレースした。実験の結果、レーザ光に追尾する形でき裂が進展しガラスの切断がなされた。そのプロセスを詳しく観察すると、切断の初期にはき裂がスターターから下方（下面）に向かって進展（第1段階）し、き裂が下面に到達すると同時に板面に垂直に板の長手方向に進展していく（第2段階）ことが分かった。レーザ切断の特徴は、発塵は皆無であることと切断面の品位（平坦度）がよいことである。その後の研究から、ガラス板を曲線状に切断加工できることも分かった。さらに、シリコンウエハについても切断実験を行った。その結果、結晶材料でも切断が可能であることが明らかとなった。しかし、シリコンウエハの場合、結晶方位の影響を受けるためか、切断方向によって切断品位が幾分異なる。

金箔の展延に関する研究

加工と離れるが、筆者在住する石川県は伝統産業が盛んな地域で、金箔や加賀友禅、輪島塗、九谷焼、等々が製作されていていずれも著名である。その伝統技術は現在も脈脈と受け継がれてきている。私が助教授の頃、伝統産業の振興を図るため地元の大学も協力することになった。私への課題は、金箔の展延について考察することであった。金箔展延の良否は、箔打紙にあると會得し和紙（箔打紙）の強度について研究を行った。理論解析の結果、箔打の各段階でそれに適した打紙が使用される理由がほぼ解明できた。しかし、箔打紙には箔屋それぞれに独自の秘伝の処理を施しており、全貌の解明までには至らなかった。伝統の技は奥が深いと感じた。