

モノづくり技術

群馬大学 大学院理工学府 知能機械創製部門 教授
林 偉民 LIN, Weimin
(当協会 光部品生産技術部会 協力委員)

「光陰矢の如し」、また師走に入り、一年の締めくくりの季節になってきた。今年もいろんなできごとがあった。科学技術分野では本庶佑先生がノーベル医学生理学賞を受賞した。その受賞会見で基礎研究の重要性を再三発言され、印象が深かった。惜しくも日本人の受賞者にならなかったが、ノーベル物理学賞ではレーザー物理の分野でブレークスルーとなった研究をなされた3人の先生方に贈られた。発明してから半世紀越えるレーザー技術が現在様々な分野に応用され、計測分野は勿論「光ピンセット」のように原子や分子などを捕捉する工具として、さらに加工用の工具として益々注目されてきた。モノづくり分野に限ったできごととして、11月1日から6日に第29回JIMTOFが開催され、世界各国・地域から過去最多の15万人を超える来場者が会場に訪れたことがあげられる。また、8月に国際生産工学アカデミー（CIRP）が東京の京王プラザホテルで開催され、1974年以来の4度目日本で開催することになり、天皇陛下がご臨席された。平成最後の年に行われた様々なモノづくりの関連イベントを通じて、日本のモノづくり関連企業が底力を持ち、こうした底力はわが国の経済成長を押し上げて行く存在だと強く印象づけられた。

私ことであるが、筆者は単身一人で日本に留学しに来てから今年でちょうど30年になる。高度成長時代の日本の先進技術を学ぶため他国言語の習得、異文化への理解など幾重の困難を乗り越えて一人の研究者になった。平成時代の30年は私が苦学生からモノづくり研究者に成長し、苦楽共に過ごした人生の中で重要な時期であった。

筆者が日本へ留学しに来たのはちょうど中国の改革開放の政策を実施した頃になる。改革開放政策により中国の国門が開き、諸外国との差が歴然に見えてきて若者の海外留学希望者が多くなった。学校を卒後して高専の教員として勤めたばかりの筆者にとっては、海外留学で働きながら大学院で高度な知識を習得できる制度が非常に魅力的であった（注：筆者の時代では、中国に学生のアルバイト制度がなく、少数の学生しか大学に進学できず、また大学において、学費や生活費はすべて親が提供しなければならない）。留学先の選択には中国語に翻訳された星先生が書かれた「金属切削技術」の本が参考になった。また、その本の参考資料欄から、数多く加工分野の著名な先生の文献を見つけることができた。それをきっかけに、図書館に出向き、限られた海外の文献から、小林昭先生が書いた「超精密ダイヤモンド切削技術」の論文を見つけ、加工技術を勉強するには日本に行くしかないと決意した。

余談になるが、当時留学先の候補に挙げたのは日本以外に、ドイツ、旧ソ連、イギリスであった。いずれにしても中国語翻訳した機械加工分野の著名な先生方が書いた本を参考とした。インターネットがない時代に本や雑誌は情報を得る大変重要な手段であった。日本に留学に来てから神田の古本屋に足を運び星先生が書いた日本語原著の本を購入した。筆者がいまだにこの2冊の本は思い出の深い本として大事に保管し、講義の参考にもなっている。

就学ビザで滞在する筆者が日本語学校で日本語を勉強しながら、生活のためのアルバイトと大学受験の準備を同時にこなせなければいけなかった。当時の就学生は今の国会で議論する入管法案のように、外国人技能者の受け入れは到底考えられなかった。2年以内に専門学校や大学に進学して留学ビザを取得しなければ日本の国外に退去しなければいけなかった。当時の筆者が若さに頼って学業と生計たての掛け持ちで充実かつ有益な日々を過ごしてきた。運がよく1年後念願の大学に合格し機械工学科で学べることができた。卒業研究時に加工以外の研究室に配属されたが、大学院入試で希望通り機械工作研究室に入り、河西敏雄先生の下で研磨に関する研究を行った。また、研磨の研究を通じて大勢の研究者と出会うことができ、JOEMと光技術コンタクト誌も学生時代から馴染みが深かった。話をまたJIMTOFに戻すが、学生として在学中に第16回日本国際工作機械見本市が東京（確か当時は東京と大阪2年おきに交互で開催すると記憶している）に開催され、学生の筆者は招待券を手で得ず、自費で入場券とガイドブックを購入し、終日展示会場を歩き廻った記憶がある。

筆者は中国から日本に留学し、大学、研究所で最先端のモノづくり技術を学び、研究を行ってきた。留学を通して、多くの先生や友人に出会い、留学で得た経験を糧に現在研究室を運営し、次世代モノづくり技術研究の若手後継者の育成に力を注いでいる。

研究に触れるが、筆者は中国では、切削加工の研究を行ってきた。当時は研究というよりもその時代では現在のようなバイトに装着するチップがなく、ロウ付けした超硬合金のバイドをいかに切削対象材料、条件に合わせてバイトのパラメーターの設計や検証実験を行っているだけであった。その関係で実際メーカーの加工現場によく足を運び、勉強をさせて頂いた。

博士研究のテーマは「ポリシングにおける加工面の平滑化に関する研究」であった。切削加工とガラッと変わって半導体ウエハのCMPにおける平滑化の基礎検討として、加工性質が異なる異種材料で構成する加工物のポリシングをモデルにし、ポリシング過程における材料間段差の変化の計算式を導出するとともに、ポリシング実験における材料間段差変化の実証を行った。また、ポリシングパッドの弾性変形に注目し、パッド表面のコントロールを実現するべく、パッド表面の微小凹凸の変化と加工量や材料間段差の関係を究明してきた。その研究のきっかけに切削加工以外に面白い研究がたくさんあると実感した。

博士号取得後も運がよく、協力研究員として理化学研究所の大森整主任研究員の下でX線ミラー製造の研究プロジェクトの研究に携わった。X線ミラーの場合、加工対象のサイズが大きく、形状の複雑でかつ集光するために形状精度の要求が厳しく、さらに鏡面でなければならないという究極なモノづくりの代表物とされた。そこで理研のELID (Electrolytic In-process Dressing) 研削技術と私の専門である研磨技術をいかに融合して、良いものを早く、安く、再現良くつくることに日々没頭して研究を行った。後から光学部品のハイブリッド加工プロセスの考え方もその時期からのアイディアであった。図1にハイブリッド加工の考え方を示す。特に新しい発見や発明ではなかったが、光学部品の形状精度、表面粗さ、そして加工コストを総合的に考え、最適な加工法の組み合わせでより安定、安価なモノづくり実現に有効であった。その応用として、当時建設中のXFEL (X-ray Free Electron Laser) 施設に使用する長尺Siミラーの製作にも携わってきた。

理研での研究のもう一つの収穫として、この後に筆者が大学に移籍して研究室を立ち上げ時に研究のベースとなる「自転／公転型研磨法」の確立であった。学生時代に学位論文をまとめるときに参考になった論文の著者である上野嘉之氏が当時同じ研究室に所属する幸運もあり、日ごろ上野氏と研磨中における研磨量の安定性について議論を重ねた。図2に自転／公転型研磨法の原理を示す。パイプ状研磨ツールを用いて、その軸線周りに回転する自転運動を行う。ツール軸は、ワークの法線に対して少し傾いている。ツールの端面とワークの接触面の中心を通る軸周りに公転運動を同時に行う。自転軸は公転軸に対して θ だけ傾いており、この2つの軸は、同一の平面内にあるようにする。ツール面は円錐面ないし球面であり、ワークと接触するのは公転軸上の先端部である。また、公転軸がツールとワークとの接触領域の中心部を通り加工面に垂直となるように、ツールを調整する。このような

構造とすることによって、研磨加工中にワークとの接触領域内のツールの走行軌跡の方向を連続的に変化させて、研磨軌跡の等方性と、軌跡密度の均一性を高めようというものである。加工中工作物とツールの接触領域内に均一な研磨除去量が発生して、研磨能率も良好かつ安定であると期待できる。さらに、研磨ツールが時間と共に摩耗した場合でも、自転軸方向に一定圧力でツールを押し付けておけば、接触面積が一定に保たれ、研磨条件の安定化が期待できる。大学に移ってから、何もない研究環境下で早速実験装置の設計を行い、学生と一緒に加工，組み立てを行った。その後基礎研磨実験を行うとともに装置の改良を重ねてきた。現在シミュレーションでもその優位性が確認できるまでに至った。

昭和から平成、そして平成から次の新しい時代に移り変わり、変貌・進化するモノづくり技術が今までに先人たちが築き上げてきた基礎から成り立っている。機械加工では、工作機械・工具・対象材料の三要素が研究の出発点である。加工対象材料が千差万別であり、それに対して高性能な工具材料が要求・開発される。超硬合金、cBN、ダイヤモンドなど自然界に存在するものをはじめ、電・磁気、レーザーなど場の援用、波・光の利用でモノづくり技術を一新した。その加工を機能する工作機械の進歩も凄まじい。第16回のJIMTOFから今回29回目のJIMTOFを縦観して、工作機械の高速化、複合化、精密化、そして知能化、情報化に発展してきた。昨今IoT技術によってモノづくり環境が一転し、工業ロボットの連携により昔の3Kイメージから脱却した。また、幾度もブームになったAI技術が人、機械に結びつけ本格に加工を含めた研究が始まった。筆者も時代遅れにならない様に今まで学んできたモノづくり基礎をしっかりと伝承し、新しい時代に相応しいモノづくり人材を育成しようと決意をあらためた。

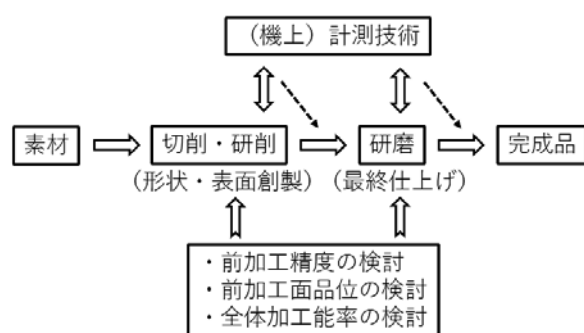


図1 ハイブリット加工の考え方

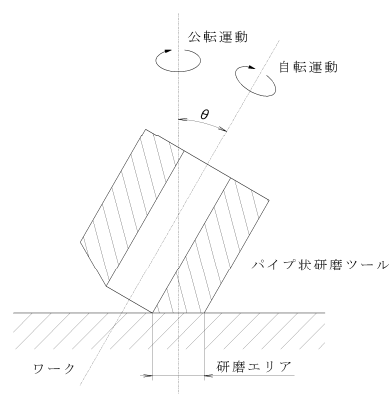


図2 自転／公転型研磨法の原理