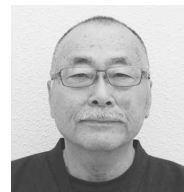


## 若手技術者へ贈る言葉

「破」の知見を活かして  
自分自身の「研究色」を

田牧純一

## 1. はじめに

私が辿ってきた研究人生を振り返ると「守破離」を実行してきたように思います。「守破離」とは武道の修行段階を説いた言葉で、居合道では「守とは師の教へを守りて背かず、而して改めざる」、「破とは改むべきを改め、他の長所をとり入れる」、「離とは流派を離れて是を超越し、独自の境地を見出す」と説明しています<sup>1)</sup>。本稿では、私が実践した研究の「守破離」を述べることに「贈る言葉」を探したいと思います。

## 2. 東北大学での16年

私は1973年3月に山形大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程を修了し、同年4月に東北大学工学部精密工学科精密加工学講座(松井正己教授)の助手に採用されました。山形大学修士課程での研究内容は「転造法で作成した歯車の精度向上」でしたので、旋盤、フライス盤、ホブ盤の操作はできましたが、研削加工に関する知識は皆無で、研削盤すら見たことがありませんでした。それでも松井研究室の助手として就職できたのは、山形大学工学部・大学院の指導教授井上和夫博士のご尽力によるものでした。

## 「守」の時代

このような状況でしたので初年度(1973年)は、学位論文を執筆中であった庄司克雄先生の実験助手として研削作業の基礎や実験方法を学ぶとともに、佐藤健児教授、松井教授の大学院講義を受講しました。また、小野浩二博士、竹中規雄博士、臼井英治博士等の先達が執筆した専門書を独習する日々でした。

2年目(1974年度)になると松井教授の研究助手としての職務につきました。当時、松井教授は統計的手法による研削仕上げ面粗さ曲線の横方向の性質を解析しており<sup>2)</sup>、私は、実験データの統計処理、周波数解析、研削仕上げ面創成シミュレーション、関連文献の調査、工学報告投稿原稿の英訳などを担当し、この作業は1977年まで続けました。

## 「破」から「離」へ

1978年になると砥粒切れ刃の上すべり(弾性変位)、切削痕の弾性回復、溝側面への塑性変形(盛り上がり)が研削機構に及ぼす影響をモンテカルロシミュレーションにより解析することを指示されました。その技法は、乱数表を用いて工作物断面内の砥粒切れ刃

位置を決定し、工作物断面に見做したA1方眼紙上に切れ刃形状を鉛筆で描くことによって切れ刃の有効・無効を判別し、有効の場合には弾性変位、弾性回復、盛り上がりの操作を行って工作物断面プロファイルを修正するという手作業を繰り返すことでした。年度末に開催される学会の講演申込期限を考えると時間的余裕が全くなかったため、結果を出すことを優先し半年かけて解析を終了しました。その後直ちに、この作業をコンピュータプログラミングで実行できないかを思案した結果、「工作物断面を微小面積要素に分割し切れ刃との干渉状態を論理演算で判別する」という従来法ではなく、「工作物断面プロファイルを山頂点、谷底点を順次連結する線分群で記述し、山頂・谷底点群と切れ刃形状を構成する2本の半直線との位置関係によって切れ刃の有効・無効を判別する」という幾何学的技法を開発しました。この技法の特徴は「計算機が演算可能な精度で砥粒切れ刃切削痕形状の変化を忠実に記述できる」という点にあります。庄司先生は学位論文の中で従来法による計算機シミュレーションを既に行っていましたが、異なる技法を提案できたことは私にとって第1の「破」でした。なお、このシミュレーション技法は、北見工業大学に赴任後、私にとって大きな財産になりました。

1980年になると、松井教授は第3のライフワークとなる「砥石表面トポグラフィの測定に関する研究」<sup>2)</sup>に着手します。このころになると、私の職務は研究助手から共同研究者という立場に変化していきます。武道でいう「師弟同行(どうぎょう)」です。具体的には、単純な砥石表面トポグラフィモデルに基づいた理論解析を松井教授が行い、その結果を私が吟味したうえで実験を企画・実行し、理論解析の適用性を検証するとともに必要に応じて砥石表面トポグラフィモデルを修正する」という作業です。ここで最も肝心な点は「統計的手法による理論解析」を細部まで詳細に理解することでした。宮本武蔵は「五輪書水之巻」で、「我心より見出したる利にして、常に其身になって、能々工夫すべし」<sup>3)</sup>と述べています。意識すると、「この書(五輪書)に書かれていることを、我(読者)が見出した理法と思い、常に其身(著者)の身になってしっかりと吟味し工夫すべきである」です。私が行ったことは、まさにこの言葉の実践でした。

さて、私が第2の「破」を意識したのは、1984年の「砥石表面トポグラフィの測定に関する研究(第4報)―触針法―」(精密工学会誌)です。松井教授のそれまでの研究対象は、特殊条件下で研削加工することにより得られる情報から砥石表面トポグラフィを推定するという「間接測定法」であったのに対し、私の担当した触針法は、砥石表面の走査によって得られる情報から砥石表面トポグラフィを推定するという「直接測定法」であり、統計的手法による解析を行うためにはこれまでと異なった着想が必要だったからです。この論文によって、統計的手法を新しい視点から展開できたかなという「破」を感じました。3年後の1987年には触針の平面走査による砥石表面トポグラフィの三次元測定を行い、統計的手法からの「離」に至りました。

1988年4月、松井教授の東北大学定年退職後、庄司克雄教授の助手として研究補助を担当し、1989年4月、文字どおり、東北大学から「離」れました。

### 3. 北見工業大学での25年

北見工業大学に赴任当時、使用できる実験機器は手動の工具研削盤とハンディタイプの粗さ計だけでしたので、「何もできない」、見方によっては「何でもできる」環境でした。この環境の中、「離」を「新分野への進出」と単純思考し、電気化学現象を援用した遊離砥粒加工や多関節ロボットによる木材研磨を試みましたが、その分野の経験・知見を持たない浅学の身では研究を継続できませんでした。一方、以下に述べる研究は「守・破」の時代に得た知見を活用して遂行したもので、10年以上続く息の長い研究となりました。

#### ダイヤモンドホイールのドレッシング、ツールイング<sup>4)</sup>

私は、他の研究者との差別化をはかるため、学位取得後の研究対象をメタルボンドダイヤモンドホイールに特化することを決めていました。その一連の研究が、(1) 接触放電ドレッシング、(2) 包絡線創成ツールイング、(3) 切れ刃トランケーションです。これらの研究の進め方には共通点があります。すなわち、先駆者が開発あるいは提案した技術を「自らが使用」することを目的として、その性能・精度の安定化、最適条件、適用限界を解明している点です。イノベティブではありませんが、これが私の「研究スタイル(色)」でした。これらの研究を遂行するにあたって、「破」で得られたシミュレーション技法、庄司教授の研究補助として行った実験で得た「気づき」が有効なツールとなりました。

#### ガラスの延性モード研削における弾性・塑性挙動<sup>5)</sup>

この研究は、(1) ダイヤモンド砥粒の立体形状測定

による三角錐切れ刃モデルの導入とその切れ刃特性値の測定、(2) 単粒切削実験による延性・脆性遷移臨界切込み深さ $dc$ 値の測定と $dc$ 値に及ぼす切れ刃特性値の影響の調査、(3) ガラスのナノインデンテーションと単刃フライカット実験による弾性、塑性挙動の解明、で構成されています。この研究はガラスの延性モード研削メカニズムの理解を目的として行ったものであり、「理解」が私のもう1つの「研究スタイル(色)」でした。この研究には超精密測定機器、超精密工作機械が必要であり、中断したことも多々ありましたが、ご親交いただいた企業技術者、大学研究者の方々のご厚意とご援助を受けることにより、遂行できました。

#### 海外への情報発信

北見工業大学は東京で開催されるセミナー等に出席するのに最低1泊2日を要する地方大学です。この地理的環境による情報収集・発信力の不足を補うため、海外での研究発表を重視することを赴任時に決意しました。1992年から国際会議への参加を開始しましたが、1993年、文部科学省派遣在外研究員としてIGT(UK)に滞在することにより海外への情報発信の有意性を確信しました。とくに、「砥石表面トポグラフィのカラー等高線図」に興味をもっていただきました。帰国後、2nd ISAATに参加したのが縁で、その後のISAATの毎年開催、ICATの設立に関わりました。その際、UK滞在中にお会いした研究者の方々からISAAT実行委員長あるいはICATメンバーとして砥粒加工学会の国際活動にご協力いただいております。

### 4. むすびに

現在の研究者の環境は私の時代と大きく様変わりしていることを承知していますが、お役に立てることが少しでもあればと思い、次の言葉を贈ります。

- (1) 「守」を継続することによって「破」が訪れ、「破」で得られた知見は「離」の駆動力となる。
- (2) 内面が求めるところにしたがって研究対象を定め、自身が得手とする「スタイル(色)」で遂行する。
- (3) 学会、国際会議等の場で技術者・研究者との親交を深く信頼関係を築く。
- (4) 国内および海外での情報収集・発信を不断に行い、自身の研究者としての立ち位置の把握に努める。

#### 参考文献

- 1) 河野百鍊: 居合道真諦(1962)15.
- 2) 松井正己: 砥粒加工学会誌, 51, 9(2007)511.
- 3) 宮本武蔵: 五輪書, 岩波書店(2007)42.
- 4) 田牧純一: 砥粒加工学会誌, 59, 1(2015)11.
- 5) 田牧純一: 砥粒加工学会誌, 56, 7(2012)436.

たまき・じゅんいち: 北見工業大学名誉教授