

若手技術者へ贈る言葉

基礎研究に基づく
理論的検討のすすめ

萩原親作

1. はじめに

近年の本誌を拝読していますと基礎研究に基づく理論的検討が少ないと感じております。基礎研究の重要性は従来から指摘されているところですが、少々寂しい思いでおります。砥粒加工は機械、工具、加工条件等を含めパラメータが多く、しかも加工データのバラツキを考えますと、実験に基づく定性的検討が中心になります。以前、現職の頃、他分野の方に本誌を見せたら、「理論的研究がほとんど無い分野ですね」と言われショックを受けました。前述の理由を説明しましたが、その思いは今も引きずっております。私は若い頃は実験的検討がほとんどでした。しかし 30 代後半になり学位論文取得のために元東工大教授白井英治氏から解析テーマを頂きました。これが理論的研究との最初の出会いです。非常に衝撃を受けると同時に大いに研究意欲が沸き楽くなりました。そのような経験がありましたので、今回ご批判も承知で「基礎研究に基づく理論的検討のすすめ」と題し私見を述べさせていただきます。やや研究者向けの内容となりますが、技術者にとっても役立てれば幸いです。字数制限があるため詳細を紹介できないことをお許し願います。

2. 理論ツールの活用

今取り組んでいるテーマに何らかの理論的ツールを適用したいとします。その場合、専門分野の論文、書籍だけ読んでいても見つけにくい場合があります。そこでお勧めするのが国内外の他分野の論文や書物を読むことです。ただし漠然と読むのではなく、そこで使われている手法が機械加工に応用できないかと意識して読むことです。すると「これは使えるかも」とひらめくときがあります。これが重要、すると研究のストーリーが浮かんできます。こうなるとたまたま研究意欲が沸きます。後は粘り強く進めるだけです。次に私が活用した理論 3 例を示しますが、いずれも他分野の論文や書物からヒントを得ました。

(1) マルコフ過程

統計・確率の分野にマルコ連鎖(確率過程)¹⁾があります。この理論はある状態が時系列的に変化していく過程を予測するものです。この理論を研削における砥粒破碎に適用しました。すなわち研削の進行で

砥粒切れ刃は破碎を繰り返しながら形状を変化させます。その変化は理論上、推移確率に支配されます。その確率は単粒による研削実験から求めるのが最適でした。当然その値の信頼性を上げるために多くの実験をする必要がありましたが、幸運にも過去に実施した膨大な砥粒の破碎データが役立ちました。それにより最終的には 5 種類の砥粒材種に対して推移確率が求まり、この理論を用いてシミュレーションを行いました。当時、学会では斬新なテーマとして評価されたことを今でも鮮明に覚えています²⁾。後に得られた砥粒材種の違いによる破碎性の相違は機械系便覧に掲載されました。この研究を通し 7 編の論文を学術誌に掲載でき、私の学位論文として提出させて頂きました。

(2) フラクタル次元

我々は、経験的に点は 0 次元、直線は 1 次元、平面は 2 次元、そして空間は 3 次元としています。全てが整数です。ところがある時フラクタル次元(Df)に関する図書³⁾に出会いました。これは形状の複雑さを非整数次元で定量的に示せます。例えば 2 つの平面図形を比較して Df=1.2 と Df=1.8 では後者がより複雑であることとなります。この理論を用いればバイトの切れ刃稜線や砥粒の輪郭線に対してその複雑さを定量的に示せると考えました。これまでバイトや砥粒の切れ刃の鋭さ、鈍さなどは定量的には示されていませんでした。この手法を用いて切削や研削の進行で工具の切れ味が低下していく様子を合理的に示しました⁴⁾。とくに切削において工具寿命はバラツキが大きく、予測は困難とされています。しかし工具先端で被削材と最初に干渉する工具切れ刃エッジ稜線の Df に着目しますと切削条件によらずある Df 値に近づくとほぼ寿命に達するといった興味ある結果も得られつつあります。

(3) エントロピー

熱力学でおなじみのエントロピーです⁵⁾。これが砥粒加工にどう結びつくのかと思うでしょうが、エントロピーとは無秩序な状態の度合いを表すと定義され、無秩序な状態ほどエントロピーの値は高くなります。これを砥粒の分散性の評価に応用できないかと考えました。私の知る限りでは、砥粒分散性の評価法として工

具上の狭い領域を対象に観察し、砥粒間の距離を測り評価するぐらいでしかないように思っていました。しかしエントロピーを用いれば広範囲での分散性を合理的かつ定量的に示せます。そこでこの手法を研磨ベルト(単層)に適用してみました。実験はベルト表面の砥粒分布を転写フィルムで測定し、その画像くお基にエントロピーを求めました。これによりベルト表面のエントロピーの違いが加工特性にどの様に影響するか検討しました⁹⁾。ただし実際の砥石では3次元的に砥粒は分布しています。そこで砥石表面から転写深さ(押し込み深さ)を変えながらエントロピーを求めていけば3次元的な検討ができると考えています。

改めて基礎研究は重要であります。それをさらに新たな理論的考察を加えますと今後の技術開発に役立つヒントを与えてくれると思います。

以上3例を示しましたが、砥粒加工の分野でも利用できそうな工学的ツールを発見してください。

3. データの解析

実験データの解析でさまざまなグラフ用紙を用います。最もよく用いるのが普通方眼紙です。これを用いて2つのパラメータ間に回帰直線が得られれば一次関数として実験式が示せます。そして直線の傾きと、切片がそれぞれ機械的性質を示すことになります。しかし普通方眼紙で直線近似が難しい場合には、片対数、さらに両対数のグラフ用紙を用い回帰直線を得ようとしています¹⁰⁾¹¹⁾。またデータが正規分布しているかを調べるに便利な正規確率紙¹²⁾があります。ここでは得られたデータが直線状に示されれば正規分布と見なせます。そして平均値、標準偏差もグラフから読み取れます。しかしお勧めはワイブル確率紙¹³⁾です。寿命試験などのように結果にバラツキが大きく、分布が歪んでいるなどには有効とされています。ここで分布形状を示すパラメータがあり、この値によりデータが摩耗型か偶発型か初期不良型かを分析できるなど多くの利点をもっています。そのためデータが得られたらまずワイブル分布にあてはめよといわれています。

4. 図書について

図書について触れておきます。研究を進めるうえで、解りやすい書物との出会いは重要です。学生の頃、とくに感じたのは大学図書館に置かれている図書は数学、物理、専門分野のいずれも難しく書かれているものが多く、浅学非才の私は大変苦勞しました。ある時、

友人から高専で使用している教科書を見せて頂戴いたことがありました。これは実に解りやすいものでした。著者は高専生のための書籍として書いているように感じました。これが専門基礎を学ぶうえで大変役立ちました。この経験を技術者向けのセミナーなどで紹介し喜ばれました。参考までに切削を学ぶに役立つ本2冊¹³⁾¹⁴⁾を紹介しておきます。

5. おわりに

若い頃に出会った先生、上司、先輩などの指導は後で必ず役に立ちます。私にも大変お世話になった恩師がおります。故人も含めここにあげさせていただきます。白井英治、帯川利之、小川 誠、柴田順二、吉岡正人、山田伸志、鈴木秀夫の各先生です。これらの先生との出会いは私の財産です。皆さんもこれからも人生の恩師に出合うでしょう。その出会いを大切にしてください。

以上研究者向けの内容になりましたが、若い技術者諸君にも参考になることを願っております。

参考文献

- 1) リフジュツショ: マグロウヒル大学演習シリーズ「確率」, マグロウヒル好學社 (1981).
- 2) 森村英典, 高橋幸雄: マルコフ解析, 日科技連 (1979).
- 3) 白井英治, 帯川利之, 萩原親作: 研削における砥粒破砕のマルコフ過程的解析, 精密機械, 50, 10 (1984).
- 4) 萩原親作, 帯川利之, 白井英治: 各種砥粒材種の破砕特性とその評価, 精密工学会誌, 55, 3 (1989).
- 5) B. B. Mandelbrot (広中平祐 監訳): フラクタル幾何学, 日経サイエンス (1985).
- 6) 高安秀樹: フラクタル, 朝倉書店 (1986).
- 7) 萩原親作, 帯川利之, 谷内 浩: 形状特徴に基づくラッピング砥粒の評価, 密工学会誌, 1, 12 (1995).
- 8) 齊柳忠克: エントロピーのおぼなし, 本規格協会 (2005).
- 9) 萩原親作, 清水 毅, 幸石泰丈他: 情報エントロピーによる砥粒分散性の評価, 砥粒加工学会誌, 61, 9 (2017).
- 10) 小倉金之助他: 新初等数学講座(第4巻数学の応用I, 第2分冊, 2章実験公式), 小山書店 (1955).
- 11) タルグラクムーア: 科学を志す人のための基礎数学, アグネ (1980).
- 12) 日科技連編: 信頼性データの解析 (1984).
- 13) 菊池庄作, 柳沢重夫: 切削の理論と実際, 共立出版 (1973).
- 14) 難削材加工専門委員会編: 知りたい切削の急所, ジャパンマシニスト社 (1976).

はぎわら・しんさく: 山梨大学名誉教授