

基礎講座「研磨」連載開始にあたって

山口 桂司（京都工芸繊維大学）

1. はじめに

1.1 基礎講座「研磨」の趣旨について

基礎講座「研磨」（以降、本講座）は第一弾の基礎講座「砥石」に続く砥粒加工基礎講座の第二弾である。研磨加工の多くは砥粒加工に分類され、そのほとんどが圧力転写加工である。しかしながら、研削加工をはじめとする他の加工法との境界があいまいであることも多い。また、製造現場に従事する技術者においては、いわゆる研削加工を“研磨”と称することも少なくない。切削・研削・研磨用語辞典によれば、研磨加工は「工具に擦り付けて研ぎ磨くこと」で表現されるように、工具のラップ、ポリシヤ、砥石などに研磨剤や研磨液を介して工作物を擦り付ける加工操作の研磨法¹⁾とされている。ただし一般的には、「最終仕上げに相当する工程で、表面を磨いて滑らかにすること」という理解ではないかと思う。現に筆者自身の研究でも「固定砥粒研磨」と「定圧研削」の違いを論理的に説明するのが困難に感じている。このように、“研磨”は非常にあいまいな定義で表されることの多い一方、その歴史は古く紀元前にまでさかのぼる。約1万年も前から引き継がれ、発展してきた技術であり、現代の科学技術を支えるうえで欠かすことのできない加工法である。

本講座では、研磨の基本を学ぶことに重きを置き、遊離砥粒加工に焦点を当て、そのなかでもごく一般的なラッピングおよびポリシングに関する基礎知識が中心の企画とした。この他にも超仕上げやホーニング、固定砥粒研磨、CMP (Chemical Mechanical Polishing)、電解研磨など多種多様な研磨加工があり、当初は20件を超える連載記事候補を挙げていたが、研究紹介的な記事も含まれていた。基礎講座の企画が研究者・技術者のハンドブックとなるような基礎的な講座をコンセプトとしていることに加え、全体をとおして統一感のある連載になるよう考慮された結果、ラッピングとポリシングに絞って連載することになった。

1.2 基礎講座「研磨」の構成について

表1に本講座の構成をまとめた。研磨の歴史、ラッピングおよびポリシングの基礎・理論、ラッピング・ポリシング装置、定盤などの工具、研磨剤、研磨布紙、そしてラッピング・ポリシ

ングの見える可の試みという内容で構成されている。いずれも基礎的な内容をわかりやすくご解説いただく予定であり、全体をとおして研磨に携わる研究者・技術者にとって実用的な情報を多分に含む連載になると期待している。

2. 研削加工との違い

砥粒加工学会誌の読者の多くの方には釈迦に説法とは思いますが、改めて研削加工との違いをまとめておきたい。超仕上げやホーニングのように砥石を用いるいわゆる砥石研磨は、砥石を使用するという点でも研削加工と似ている点も多い。“研磨”がJIS規格や機械実用便覧でも定義されていない。ただし、ラッピング(ラップ仕上げ)や超仕上げなどの個別名称は挙げられている。その一方で、研削加工は、JIS規格によれば「¹⁾といし車を回転運動させて工作物の不要な部分を除去する方法(JIS B 0106:2016)」とされている。また、切削・研削・研磨用語辞典では「砥石を高速回転させて工作物に切込ませることにより、砥石表面にある多数の不規則な形状をした砥粒の切れ刃によって、工作物から微小な切りくずを削り取って、工作物を所要の寸法、形状および仕上げ面の品質をもつ部品に仕上げる加工法²⁾」とされている。図1に平面研削、ラッピング・ポリシングおよび超仕上げの模式図をまとめた。研削加工では、工作物に対して高速回転する砥石を強制的に切込むことで材料を除去する“運動転写型”の加工法である。工作機械の運動によって工作物の除去量を制御するため、工作物の加工精度は工作機械の運動性能に依存し、その精度を超えることができない(母性原理)。一方、研磨加工は“圧力転写型”の加工であることが多い。とくに砥粒研磨においては、工具と工作物とを一定の圧力で押し付けながら相対運動を与えることで、極微量ずつ材料を除去する。この方法では除去量は加工時間によって制御する。このため、加工の制御性は圧力転写加工より運動転写加工の方がよいとされる。

他方、圧力転写加工では単位切れ刃当たりの加工単位が極小となるため、仕上げ面粗さなどの表面性状においては圧力転写加工の方が優位である。また、圧力転写加工では、加工の進行に伴い仕上げ面自身が案内面となるため、母性原理によらず高精度な加工が可能になる場合もある。現代の高度な科学技術を実現できているのも、研磨加工の存在とその高度化によるといえる。例えば、現代のコンピュータを支えているのも研磨であるといつて過言ではない。最新の半導体素

* 京都工芸繊維大学: 〒606-8585 京都府京都市左京区松ヶ崎御所海道町

表 1 基礎講座「研磨」

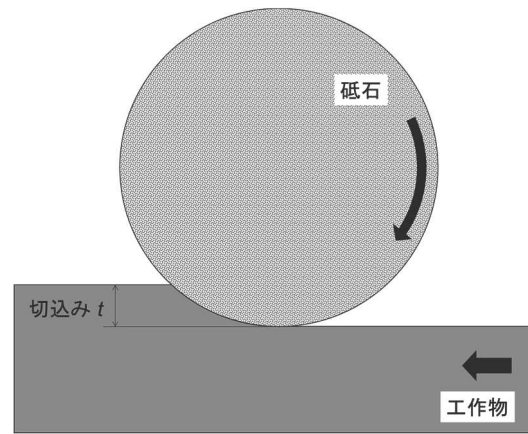
連載回	タイトル
1	基礎講座「研磨」連載開始にあたって
2	研磨の歴史
3	ラッピング・ポリシングの基礎・理論
4	ラッピング・ポリシング装置
5	ラッピング定盤・ポリシングパッド
6	研磨剤の基礎と応用
7	研磨布紙の基礎および実践
8	ラッピング・ポリシングの見える化の試み

子の回路線幅(プロセスルール)は 3nm を誇り, 2nm の半導体デバイスの量産も予定されている³⁾. 半導体基板の主流が $\phi 300\text{mm}$ のシリコンウェーハであり, フォトリソグラフィと呼ばれる手法によって基板上に回路が形成される. この時, 半導体基板には平坦度(GBIR あるいは TTV)が数十 nm 以下であることが要求され, CMP などの研磨技術によって実現されている.

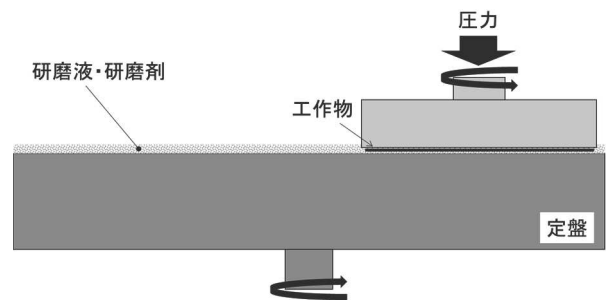
ところで, 精密工作便覧に「研削という用語は 1910 年に松田竹太郎が提唱した新語であり, それまではすべて研磨とよばれていた⁴⁾」とあった. 現在においても研削が研磨と呼ばれている理由はここにある. この松田竹太郎先生の記述に「研削機械の能率を發揮せしめるためには砥石は磨くものであるという考えを捨て, 削るものであるという頭をもって砥石を使用せねば駄目である⁵⁾」とある. 製造現場に従事される方にも, ぜひこの論文に目を通していただきたい.

3. おわりに

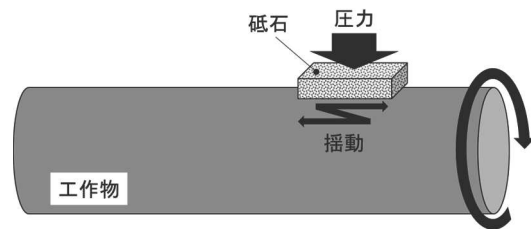
次号より連載の本編が開始される. 先に述べたとおり, 研磨加工のなかでもごく一般的な遊離砥粒加工であるラッピングおよびポリシングを取り上げた. 読者の皆様の助けになる連載となる予定である. ぜひ本編もご一読いただきたい. 本講座を企画するにあたり, 連載執筆者ならびに編集委員会ワーキンググループの皆様には, 多大なご協力をいただいた. この場をお借りして深く感謝申し上げます.



(a) 研削加工(平面研削)



(b) ラッピング・ポリシング



(c) 超仕上げ

図 1 砥粒加工の模式図

4. 参考文献

- 1) 砥粒加工学会編: <改訂版> 切削・研削・研磨用語辞典, 日本興業出版(2016), 57.
- 2) 砥粒加工学会編: <改訂版> 切削・研削・研磨用語辞典, 日本興業出版(2016), 52.
- 3) TSMC Annual report 2022, TSMC (2023), 094.
- 4) 精密工学会編: 新版 精密工作便覧, コロナ社, (1992) 255.
- 5) 松田竹太郎: 研削砥石(Grinding Wheel), 日本機械学会誌, 29, 115 (1926), 676.