

# ラップ抵抗の測定に関する研究

木原 米文\*・友田 進\*\*・藤本 隆士\*\*\*

## Studies on the Measurement of Abrasive Force

Yonefumi Kihara\*, Susumu Tomoda\*\* and Takashi Fujimoto\*\*\*

### 1. はじめに

ラッピングとは工作物をラップ（鋳鉄・銅・錫などの平板）に押しつけて、両者の間にラップ剤を加えて相対運動をさせて工作物表面から極微量の切りくずを取り去り、寸法精度の高い滑らかな仕上げ面を得る方法をいう<sup>1)</sup>。しかし、最も簡単な精密加工法ではあるが、ラッピングには加工のメカニズムが明確にされていない欠点がある。それは、ラッピング中の砥粒単体が行う微小切削作用を可視化することが非常に困難なためである。

砥粒単体が行う切削作用を推測する方法として研磨抵抗の測定がしばしば行われる。研磨抵抗を測定すれば、ラッピング中に起こる砥粒の運動（ころがり運動や引っかき運動など）を知ることができる。たとえば、ラッピングが砥粒のころがり運動で進行している場合は、砥粒単体の先端が作用し始めると研磨抵抗が急に増大してある値になり、砥粒の回転とともに抵抗は徐々に減少して、最後には負の値を示すと言われている。また、引っかき運動では一般に研磨抵抗の変動は見られず、ほぼ一定値を示したままである<sup>2)</sup>。ところで、筆者らはラップ液に四級アンモニウム化合物水溶液を用いてガラスラップ上で銀をラッピングすると、銀がほとんど研磨されない現象をすでに見いだしている<sup>3)</sup>。この現象の発現のメカニズムを明確にすることで無摩擦ラップの開発や加工精度の向上などへの発展が期待できる。そこで、メカニズムの解明には上述した研磨抵抗の測定が有効であると考え、自作の試料取付アームと歪みゲージを用いて、研磨抵抗測定のための基礎的な実験を行った。また、測定した結果に基づいてラップ圧力とラップの回転速度が研磨抵抗に及ぼす影響を簡単に考察した。

### 2. 実験方法

実験装置は市販のしゅう動式ラッピング装置（ムサシノ電子製）で試料（工作物）は回転するラップ上で自転をしながら研磨される。表1に実験条件を示す。試料は

表1 実験条件

試料		銀
ラップ		ガラス
砥粒	材質	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> （酸化アルミ）
	粒径	15μm
ラップの回転数		15rpm, 35rpm
ラップ圧力		10kPa, 20kPa
ラップ剤濃度		砥粒（3g）+水（10cc）

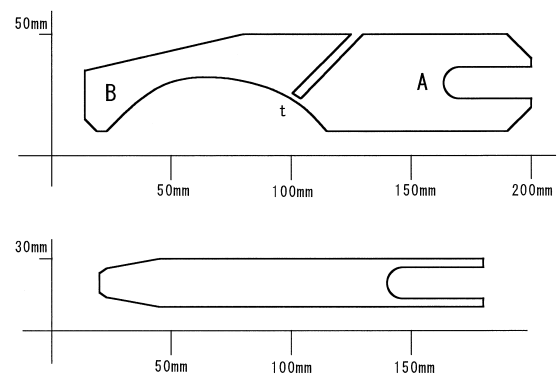


図1 試料取付アーム

銀（直径20mm）、ラップの材質はガラス、砥粒の材質はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化アルミ）である。研磨抵抗を測定するために試料取付アームをNCワイヤカットを用いて精密に作成した。図1に試作した試料取付アームの概略図を示す。アームには深い切り込みを入れることで、図中の記号tで示した歪みゲージ取付部の厚さを調整した。表2に、このときに使用したNCプログラムを示す。使用した言語はFAPT言語である。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 歪みゲージ取付部の厚さ

歪みゲージ取付部の厚さtを厚くすれば試料取付アーム

\* 学生課実験実習第二係

\*\* 商船学科

\*\*\* 電子機械工学科

表2 NC ワイヤカット用プログラム

治具1

治具2

PART , @ JIGU 1 MCHN , CUT , INC P 1 = 23 , 0 S 1 = 23X P 2 = 23 , 10 P 3 = 72 , 32 P 4 = 115 , 10 C 1 = P 2 , P 3 , P 4 P 5 = 35 , 21 5 P 6 = 49 , 30 C 2 = P 5 , P 6 , P 3 S 2 = 10Y P 7 = 190 , 10 S 3 = P 7 , 45A S 4 = 200X S 5 = 23 5Y S 6 = 36 5Y P 8 = 170 , 23 5 P 9 = 163 5 , 30 P 10 = 170 , 36 5 C 3 = P 8 , P 9 , P 10 P 11 = 200 , 40 S 7 = P 11 , 135A S 8 = 50Y P 12 = 130 , 50 P 13 = 104 , 23 5 P 14 = 100 5 , 25 7 P 15 = 125 , 50 S 9 = P 12 , P 13 S 10 = P 13 , P 14 S 11 = P 14 , P 15 P 16 = 80 , 50 P 17 = 14 , 35 S 12 = P 16 , P 17 P 18 = 14 , 15	P 19 = 19 , 10 S 13 = 14X S 14 = P 18 , P 19 FEED @ % FROM , P 1 @ G42@ S 1 , A C 1 , CW , L C 2 , CW , R C 1 , CW , R S 2 S 3 S 4 S 5 C 3 , CW S 6 S 4 S 7 S 8 S 9 S 10 S 11 S 8 S 12 S 13 S 14 S 2 , ON , S 1 P 1 , @ G40 @ M30 @ % FEED FINI PEND
---	---

PART , @ JIGU 2 MCHN , CUT , INC P 1 = 20 , 0 S 1 = 20X P 2 = 20 , 16 P 3 = 20 , 24 P 4 = 23 , 26 P 5 = 45 , 30 S 2 = P 3 , P 4 S 3 = P 4 , P 5 S 4 = 30Y S 5 = 180X S 6 = 26 5Y P 6 = 146 5 , 26 5 P 7 = 140 , 20 P 8 = 146 5 , 13 5 C 1 = P 6 , P 7 , P 8 S 7 = 13 5Y S 8 = 10Y P 9 = 45 , 10 P 10 = 23 , 14 S 9 = P 9 , P 10 S 10 = P 10 , P 2 FEED @ % FROM , P 1 @ G42@ S 1 S 2 S 3 S 4 S 5 S 6 C 1 , CCW S 7 S 5	S 8 S 9 S 10 , ON , S 1 P 1 , @ G40 @ M30 @ % FEED FINI PEND
---	--

μの感度は悪くなり、薄くすれば感度はよくなるが振動特性が悪くなるのが考えられる。これらを考慮して、歪み測定器（共和製）で試料取付アームの特性を調べて、実験に使用する歪みゲージ取付部の厚さ t を決定した。図2に歪みゲージ取付部の厚さ t と感度の関係を示す。

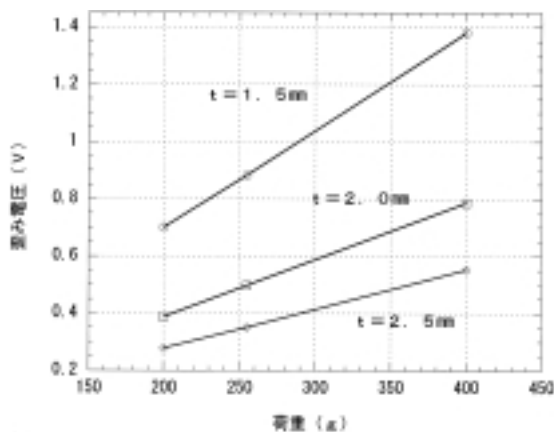


図2 歪みゲージ取付部厚さ t と感度の関係

図1のA点を固定してB点に200g, 255g, 400gの荷重を加えて、t=1.5mm, 2.0mm, 2.5mmのときの感度を測定した。図より、最も感度が良いのはt=1.5mmであり、 $3.41 \times 10^{-3} \text{V/g}$ の歪み電圧が発生した。最も感度が悪いのはt=2.5mmであり、 $1.38 \times 10^{-3} \text{V/g}$ の歪み電圧であった。従って、感度をよくするためにはtをできるだけ薄くした方が良いということがわかった。図3に試料取付アームのステップ応答を示す。ステップ応答時の

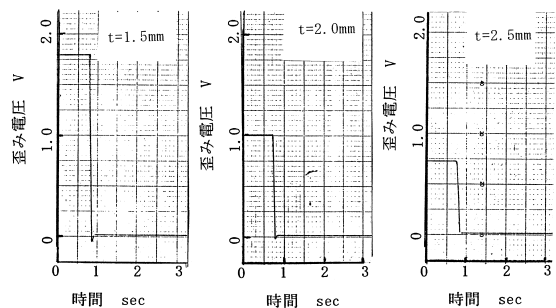


図3 試料取付アームのステップ応答

B点への入力(荷重)は255gとした。図より、全てのアームにおける固有振動はほとんど検出されないことがわかる。t=1.5mmでは0.05V程度のオーバーシュートが観察されたが、研磨抵抗測定時に及ぼす影響は少ないと判断した。以上の結果より、歪みゲージ取付部の厚さtは感度がよくて固有振動による影響が少ないと考えられるt=1.5mmとした。

### 3.2 研磨抵抗の測定

ガラスラップ上で銀を研磨するときの研磨抵抗を試作した試料取り付けアームを用いて測定した。ラップ剤は精製水(10cc)とアルミナ砥粒(3g)の懸濁液である。ラップ圧力は10kPaと20kPa、ラップの回転数は15rpmと35rpmとして20分間研磨した。図4、図5、図6、図7に実験結果を示す。これらの図より、研磨の初期では研磨抵抗が高く、その後、研磨抵抗は徐々に減少して約15分で一定値に近づくことがわかる。研磨抵抗が減少する理由を次のように考えた。未使用砥粒は砥径が大きく切れ刃も鋭角であるが、研磨中に摩耗されて砥径が小さくなり形状が丸くなってくる。つまり、研磨抵抗は摩耗された砥粒のベアリング作用で減少するのであろう。なお、初期の研磨抵抗値から一定値への減少幅は約0.2Vであった。また、研磨抵抗曲線の振幅はラップの回転数が増加すると大きくなる傾向も認められた。表3にそれぞれのラッピング条件で一定値になった時の研磨抵抗を示す。表より、ラップ圧力を一定にして、ラップの回転数を15rpmから35rpmに増加させると、研磨抵抗はラップ圧力が10kPaでは0.02V(5.9g)、ラップ圧力が20kPaで

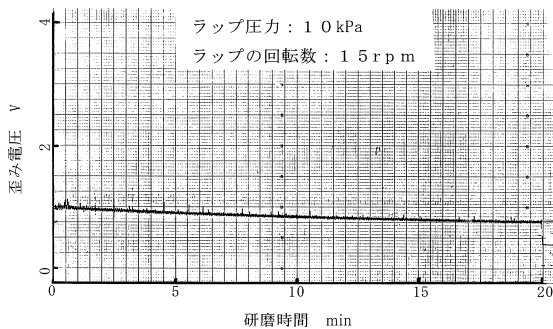


図4 研磨抵抗曲線 (I)

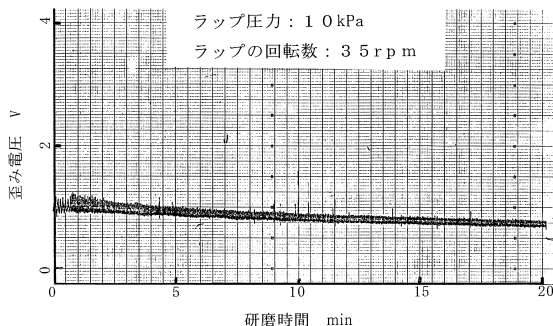


図5 研磨抵抗曲線 (II)

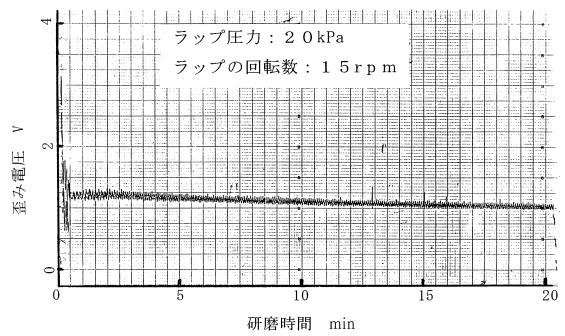


図6 研磨抵抗曲線 (III)

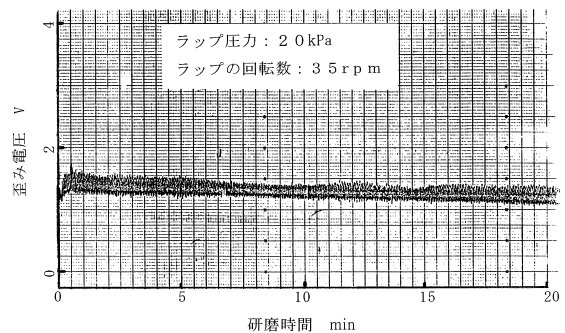


図7 研磨抵抗曲線 (IV)

表3 ラップ圧力とラップの回転数変化と研磨抵抗変化の関係

ラップ圧力 (kPa)	ラップの回転数 (rpm)	ひずみ電圧 (V) (研磨抵抗 (g))
10	15	0.70 (205)
	35	0.72 (211)
20	15	1.02 (299)
	35	1.20 (352)

は0.18V(52.8g)増加することがわかる。また、ラップの回転数を一定にして、ラップ圧力を10kPaから20kPaに増加させると、ラップの回転数が15rpmでは0.32V(93.8g)、35rpmでは0.48V(140.8g)増加する。

以上のことからラップの回転数が高くなるほど、ラップ圧力が高くなるほど研磨抵抗は大きくなることがわかる。ただし、研磨抵抗はラップの回転数の変化に比べてラップ圧力に大きく影響される。研磨抵抗がラップ圧力変化に大きく影響される理由については不明である。今後の研究課題としたい。

### 3.3 研磨抵抗と研磨量

ラッピングは単粒の行う微小切削作用と考えてよいか

表4 研磨抵抗と研磨量の関係

ラップ圧力 (kPa)	回転数 (rpm)	ひずみ電圧 (V) (研磨抵抗 (g))	研磨量 (mg)
10	15	0.70 (205)	4
	35	0.72 (211)	6
20	15	1.02 (299)	9
	35	1.20 (352)	18

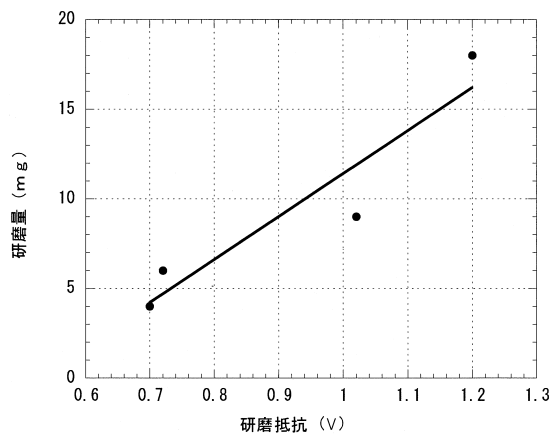


図8 研磨抵抗と研磨量の関係

ら研磨抵抗と研磨量の間には何らかの関係があると思われる。そこで、3.2で述べた研磨抵抗測定時に20分間の研磨量もあわせて計測した。表4にこのときの研磨抵抗と研磨量の測定結果を示す。表より、ラップ圧力を一定にしてラップの回転数を15rpmから35rpmに増加させると研磨量は2mg(ラップ圧力:10kPa)および9mg(ラップ圧力:20kPa)増加することがわかる。一方、ラップの回転数を一定にしてラップ圧力を10kPaから20kPaに増加させると研磨量は5mg(ラップの回転数:15rpm)および12mg(ラップの回転数:35rpm)増加することがわかる。したがって、ラップの回転数を一定にした場合、ラップ圧力を高くすると研磨抵抗は大きくなり研磨量が増大する。また、ラップ圧力を一定にした場合、ラップの回転数を高くすると研磨抵抗は大きくなり研磨量が増大するといえる。

上述したことに基づいて、研磨抵抗と研磨量の間を示したのが図8である。図より、本実験のラッピング条件範囲では研磨抵抗が増加すれば研磨量もほぼ比例して増加することがわかった。

#### 4.まとめ

研磨抵抗を測定する実験を行った結果、以下のことが

明らかになった。

- 1) ラッピング中の研磨抵抗は試作した試料取付アームにより測定が可能である。
- 2) ラップ圧力とラップの回転数変化が研磨抵抗に及ぼす影響を検出できた。研磨抵抗はラップ圧力とラップの回転数を増加させると上昇する。

#### 参考文献

- 1) Susumu Tomoda, Akira Sugawara: The Effect of Surfactant Properties on Lapping Behavior of Materials, Int. J. Japan. Soc. Prec. Eng., Vol. 31, No. 1 (Mar. 1997)
- 2) 今中, 上口, 大森; 電試彙報, 25 (1961) 1
- 3) 友田, 菅原, 小野; 精密工学会誌, 67, 5 (2001) 797.