

水晶等の美術彫刻向け研削工具に関する研究 (第2報)

有泉 直子・佐野 照雄・望月 陽介・宮川 和博・佐野 正明・高野 誠*¹・柴田 正実*²

Study on Grinding Tools for Crystal Sculptures (2nd Report)

Naoko ARIIZUMI, Teruo SANNO, Yosuke MOCHIZUKI, Kazuhiro MIYAGAWA,
Masaaki SANNO, Makoto TAKANO*¹ and Masami SHIBATA*²

要 約

水晶等の美術彫刻における研削効率を向上させるために、「コマ」と呼ばれる鉄製の回転工具(以下、単にコマと称す)に電気めっき法によりダイヤモンド砥粒を固定した。この試作したコマを用いて、職人による実用性評価を試みたところ、従来法と比べて研削量が大幅に増加することが分かった。特に、比較的大きいコマ(ブッキリ大)を用いて、熟練度の高い加工者が研削加工した場合は、従来法と比べて約4倍の研削量が得られ、作業時間を約1/4に短縮できることが分かった。

1. 緒 言

本県の地場産品である水晶等を素材とした美術彫刻品は、コマと呼ばれる鉄製の回転工具に多量の砥粒を供給しながら研削加工を行う手法により製作されているが、この手法は加工効率が悪く、また、素材表面を直視しながらの加工が困難なため、より微細な加工に限界がある。

そこで当センターでは、これまでの研究¹⁾から電気めっき法によるコマへの砥粒固定方法を検討し、ダイヤモンド粒度60/80については実用レベルのコマを試作した。しかし、より粗い粒度(30/40, 50/60)では実用レベルに達せず、さらに粗い粒度については検討に至らなかった。

消費不況の現在は、短納期、低コスト化の要請が非常に厳しくなっており、作業工程の大部分を占める粗摺り工程の時間短縮が望まれている。しかしながら、前述の研究で得られた試作コマではこの粗摺り工程には対応できず、より粗い粒度のダイヤモンド砥粒を固定できる技術が要望されているが、この技術は未だに実用化されていない。

そこで本研究では、他の工程と比べて大きな負荷がかかる粗摺り工程においても、ダイヤモンド砥粒の保持力に優れた砥粒固定方法を開発し、コマによる研削効率を向上させることで、加工時間を従来の手法と比べて1/2~1/3に短縮することを目的とする。昨年度は²⁾、粗摺り用のダイヤモンド砥粒を固定する方法について検討し、

電気めっき法により各種形状のコマにダイヤモンド砥粒をほぼ均一に固定できることを確認した。また、めっき時間を制御することで、コマに固定される砥粒の最大高さを制御できることが分かった。さらに試作コマの研削性や耐久性に影響を及ぼすパラメータを明らかにした。

今年度は試作したコマを用いて、職人による実用性評価を試みた。

2. 実験方法

2-1 コマへのダイヤモンド砥粒の固定

コマは、粗摺り工程に用いることの多い比較的大きいコマ(ブッキリ大、 $\phi 57\text{mm}$, $t=12.3\text{mm}$, S45C)を主に使用した。一部の試験では比較のため、比較的小さいコマ(ヤゲン10、 $\phi 30\text{mm}$, $t=0.8\text{mm}$, S45C)を使用した。

コマへのダイヤモンド砥粒の固定は電気めっき法により行った²⁾。コマに一般的なめっき前処理である機械研磨、酸洗、脱脂、活性化処理を行い、下地めっきを行った後、ダイヤモンド砥粒を含むスルファミン酸ニッケル浴中でめっきを所定時間行い、砥粒を固定した。その後、水洗、風乾したものを試料として後述する評価に用いた。

なお、特に記載のない限り、ダイヤモンド砥粒を固定するための電気めっき時間は48時間とし、ダイヤモンド砥粒の粒度は25/30($600\sim 710\mu\text{m}$ 90%以上)とした。また、砥粒の埋め込みは行わなかった。

2-2 実用性評価

実用性を評価するための研削加工は、遊離砥粒方式による従来法(以下、単に従来法と称す)の経験者が行っ

*1 山梨県水晶美術彫刻協同組合

*2 国立大学法人 山梨大学

た。主に、加工歴 5 年以下の経験者が研削加工を行い、一部の実験では比較のため、加工歴 50 年以上の経験者が研削加工を行った。

被研削物は、主に合成水晶を使用し、一部の実験ではめのを使用した。

従来法では、細工台に従来から使用されているコマを取り付け、水を含ませた砥粒を手でコマに供給しながら研削加工を行った。砥粒は従来から使用されている黒色炭化けい素を用いた。粒度は F60 (212~250 μ m 65%以上) とした。なお、これ以上大きい粒度の砥粒を使用すると、加工歴 50 年以上の経験者においても研削加工が困難であったことから、この粒度とした。

一方、本研究で試作したコマを用いた固定砥粒方式による方法(以下、単に本法と称す)では、細工台に試作したコマを取り付け、水だけを供給しながら研削加工を行った。

実用性の評価は、研削量の測定により行った。一定時間(特に記載のない限り、30 秒間)研削加工を行ったときの、被研削物の質量減少を測定し、単位時間あたりの研削量(g/s)(以下、単に研削量と称す)として算出した。

3. 結果および考察

3-1 合成水晶およびめのを研削加工

合成水晶およびめのを研削した場合の研削量を従来法と本法についてそれぞれ比較した結果を図 1 に示す。このとき、コマはブッキリ大を使用し、加工歴 5 年以下の加工者が研削加工を行った。

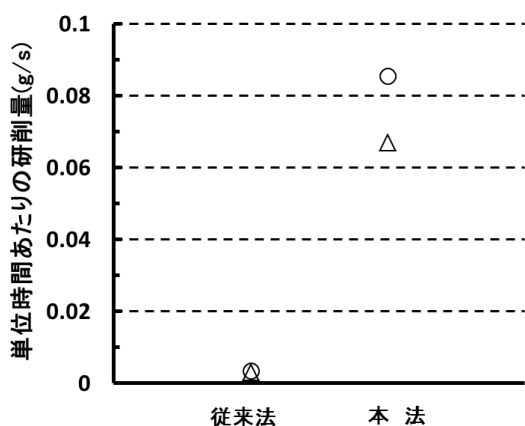


図 1 合成水晶およびめのを研削した場合の研削量の比較(コマ：ブッキリ大、被研削物：合成水晶(○)、めのを(Δ)、加工者の加工歴：5 年以下)

図 1 より、本法による研削量は、被研削物が合成水晶およびめのをいずれの場合においても、従来法と比べて増加することが分かった。本法による合成水晶の研削量

は、従来法のそれの約 25 倍まで増加した。また、本法によるめのをの研削量は従来法のそれの約 22 倍まで増加した。

めのをは水晶と比べて経験的に加工しにくいとされており、本研究の結果においても、めのをの研削量は水晶のそれと比べて減少することが認められた。しかしながら、本法を用いれば、めのをのような加工しにくい材料においても、製作に要する時間を従来法と比べて大幅に短縮できるものと考えられる。

3-2 熟練度の異なる加工者における研削量の比較

熟練度の異なる加工者が研削した場合の研削量を比較したものを図 2 に示す。このとき、コマはブッキリ大を使用し、被研削物は合成水晶とした。

図 2 より、加工歴 50 年以上の熟練度の高い加工者が研削した場合は、加工歴 5 年以下の熟練度の低い加工者が研削した場合と比べて、研削量が増加することが分かった。この傾向は従来法および本法のいずれの場合においても認められた。

しかしながら、本法の研削量は、熟練度の異なる加工者においても、従来法のそれと比べて増加することが分かった。特に、加工歴 50 年以上の熟練度の高い加工者においては、本法の研削量は従来法のそれと比べて約 4 倍まで増加することが分かった。従って、本法を用いれば、熟練度の低い加工者のみならず、熟練度の高い加工者においても、製作に要する時間を従来法と比べて大幅に短縮できるものと考えられる。

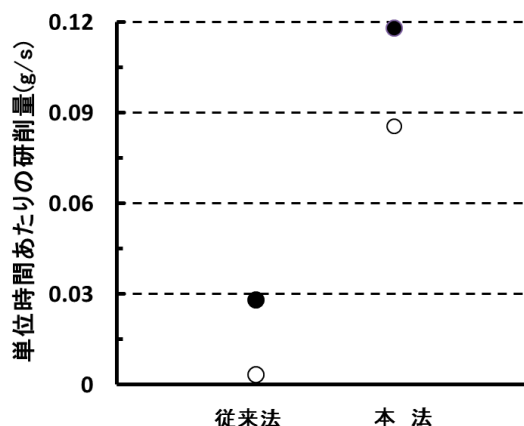


図 2 熟練度の異なる加工者が研削した場合の研削量の比較(コマ：ブッキリ大、被研削物：合成水晶、加工者の加工歴：5 年以下(○)、50 年以上(●))

次に、ブッキリ大よりも小さいコマであるヤゲン 10 を用いて、熟練度の異なる加工者が研削した場合の研削量を比較した結果を図 3 に示す。このときの被研削物は

図2と同様に合成水晶とした。

図3より、比較的小さいコマを使用した場合においても、比較的大きいコマを使用した場合と同様に、本法の研削量は従来法のそれと比べて増加することが分かった。しかしながら、例えば、熟練度の高い加工者のデータで比較したとき、比較的大きいコマを使用した場合は、本法の研削量は従来法のそれと比べて約4倍増加するのに対して、比較的小さいコマを使用した場合の本法の研削量は、従来法のそれと比べて約2倍までしか増加しないことが分かった。つまり、比較的小さいコマを使用した場合は、比較的大きいコマを使用した場合に比べて、本法の効果は小さくなることが分かった。

従来法で研削加工している様子を図4に示す。従来法では、左手で被研削物を持ち、右手で水を含ませた砥粒を高速回転するコマに供給しながら研削加工を行う。コマに対して砥粒をより近くに供給しないと研削加工できないが、近づけすぎると手が高速回転するコマに触れてしまい、けがをする危険がある。このため熟練が必要とされる。

本研究では、大小のコマの回転数を同一としたため、小さいコマを使用した方が、大きいコマを使用した場合に比べて、研削に寄与するコマの外周における速度がより低速となる。このため、遊離砥粒方式である従来法では、小さいコマを使用した方が、大きいコマを使用した場合に比べて砥粒をより効率的に供給できるものと推測された。これに対して、固定砥粒方式である本法においては、このような差が生じることはない。以上の点から、小さいコマを使用した場合は、従来法においても砥粒を効率的に供給しやすいため、本法の効果が減少したものと考えられる。

本法の研削量は、従来法のそれと比べて増加するとはいえ、本法で使用するダイヤモンド砥粒は、従来法で使用する黒色炭化ケイ素と比べて高価であり、コスト的には不利な面もある。従って、例えば、本法の効果が比較的小さい工程においては、従来法を使用し、一方、本法の効果が比較的大きい工程、つまり、大きいコマを使用して大面積を短時間に研削加工するような場合に本法を使用するというように、用途に応じて適宜選択することが望ましい。本法を用いて、粗摺り工程の時間を大幅に短縮した分、他の工程に時間をかけることでできれば、短納期の要求に応えながら、独創性の高い作品を製作するための一助となると思われる。

また、本研究の結果から、本法は特に、熟練度の低い加工者において研削量を増加させる効果が大きいことが分かった。地場産業は後継者の育成も急務となっており、例えば若年層に加工を体験させるなど、ものづくりへの

興味を持たせるための地道な取り組みの重要性も増している。このような場合においても、本法の利用は望ましく、さらに、従来法と対比させることで、加工への理解も進むものと思われる。

なお、コマの使用状況は個人差が大きく、取り扱う原石や得意とする作品等によっても異なる。今後は個々の製作現場にて、本研究で試作したコマの研削性と耐久性を評価していく予定である。

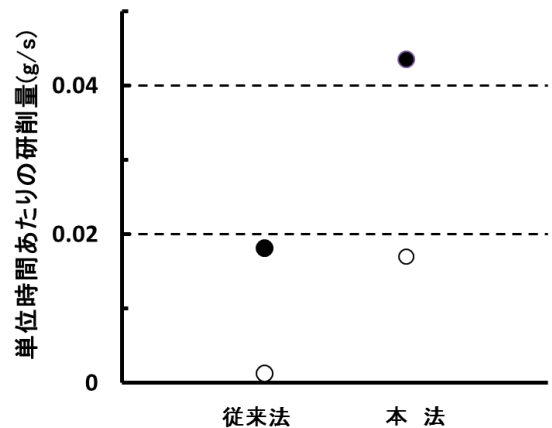


図3 熟練度の異なる加工者が研削した場合の研削量の比較(コマ：ヤゲン 10, 被研削物：合成水晶, 加工者の加工歴：5年以下(○), 50年以上(●))



図4 従来法による研削加工の様子

4. 結言

水晶等の美術彫刻における研削効率を向上させるために試作したコマについて、職人による実用性評価を試みたところ、以下の結果が得られた。

- (1) 粗摺りに使用されることの多い、比較的大きいコマ(ブッキリ大)を用いて合成水晶を研削した場合の、従来法(遊離砥粒方式)と本法(電気めっき法による砥粒固定方式)における、単位時間あたりの研削量

を比較した。本法における研削量は、従来法と比べて約 25 倍まで増加することが分かった。

- (2) 合成水晶よりも加工しにくいとされる、めのうを研削した場合の研削量を(1)と同様に比較した。いずれの方法においても、合成水晶を研削した場合と比べて研削量は減少したが、本法における研削量は従来法と比べて約 22 倍と十分大きいことが分かった。
- (3) 熟練度の異なる加工者が研削した場合の研削量を(1)と同様に比較した。いずれの方法においても、熟練度の高い加工者の研削量は、熟練度の低い加工者の研削量と比べて増加することが分かった。しかしながら、熟練度の高い加工者においても、本法の研削量は従来法と比べて約 4 倍まで増加し、加工時間を約 1/4 に短縮できることが分かった。
- (4) 比較的小さいコマ(ヤゲン 10)を用いたときの研削量について、(3)と同様に比較した。熟練度の高い加工者においても、本法の研削量は従来法と比べて約 2 倍まで増加したが、比較的大きいコマでのそれと比べて両者の差は小さかった。本法は比較的大きいコマでの使用がより効果的であることが分かった。

参考文献

- 1) 佐野照雄, 宮川和博, 小林克治, 萩原親作, 詫間悦二: 山梨県工業技術センター研究報告, **No. 18**, p. 34-36 (2004)
- 2) 有泉直子, 佐野照雄, 望月陽介, 宮川和博, 佐野正明, 河野道一, 柴田正実: 山梨県工業技術センター研究報告, **No. 27**, p. 37-40 (2013)