

# 宝石の高精度研磨加工技術の開発（第4報）

## —高精度研磨加工装置の制御技術の確立—

上野正雄・石原道雄・岩間貴司・中野公一

### Study on High Precise Cutting Method of Precious Stone (Part IV) —Techniques of Numerical Control in Gem Cutting Machine—

Masao UENO, Michio ISHIHARA, Takashi IWAMA and Kimikazu NAKANO

#### 要 約

開発技術の適応実験及び改善，多面体カットの制御技術の確立，及び変形状製品の加工技術の確立のテーマについて検討を行った。ラウンドブリリアントカット，ステップカット等の加工データ入力ソフトを開発し，砥石の適応実験を兼ねた多面体カット加工を繰り返し実施して加工ソフトの確立を図った。また試作した変形状研削機によって凹面を含む自由形状製品のNC加工化の可能性を見いだした。

#### 1. はじめに

現在，宝石のファセットカット，カットビーズなど多面体研磨加工は，簡易な治工具を用いての手作業で行なわれているので，相当な熟練技術と多くの加工時間を要する。したがって，高品質化などの消費者ニーズに応えにくい。また遊離砥粒を用いるために作業環境も悪く，後継者不足も問題になっている。そこで，宝石研磨加工の自動化，省力化及び高品質化を目的とした各種手法，加工条件及び制御技術を開発する。

平成2年度は，NC高精度研磨加工装置の制御技術の確立を目的に，

- “①開発技術の適応実験及び改良”
- “②多面体カットの制御技術の確立”
- “③変形状製品の加工技術の確立”

の三つのテーマについて取り組み，各種の基礎実験を実施した。

①については，高精度研磨加工実験装置での自動ファセティングにおける開発ダイヤモンド砥石加工と遊離砥粒加工との仕上げ面の差について検討した。

②については，多面体カット形状の加工ソフトを開発してNC加工実験を行い，ソフトの改良を図った。

③については，変形状製品のNC加工機構を検討して，NC化した外形研削機（変形状研削機）を試作した。更に加工ソフトを開発して加工実験

を実施した。

これらの実験結果について報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 開発技術の適応実験及び改良

昭和62年度，63年度に開発した研削砥石及び鏡面仕上げ砥石を使用して，NC高精度研磨加工実験機（写真1）により多面体カット実験を行った。

また仕様を変更した鏡面仕上げ砥石を試作して実験を行った。更にダイヤモンド砥粒を用いた遊離砥粒研磨による仕上げ面との比較検討を行った。

仕上げ面検査については，非接触表面形状測定装置（写真2）を用いて，他の研磨方法による標準研磨面と対比する方法をとった。表-1に実験に使用した磨き盤を，表-2に加工条件を示す。

表1 鏡面仕上げ砥石・ラップ

	種 類	条 件
1	ダイヤ盤	#8000レジンボンド
2	ダイヤ盤	ポリマップレジンボンド
3	銅 盤	0～½ダイヤパウダー
4	錫 盤	0～½ダイヤパウダー

表2 加工条件

	仕上げ摺り	鏡面研磨
砥石回転数	2000rpm	2000rpm
スパークアウト時間	15sec	20sec
切込み量	5ミクロン	2ミクロン
ワーク揺動幅	20mm	20mm
ワーク揺動速度	10m/分	10m/分
研削液	水道水	水道水
被削材	水晶	水晶



写真1 NC高精度研磨加工実験機

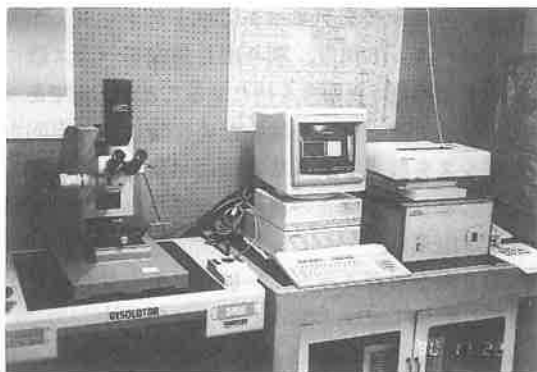


写真2 非接触表面形状測定装置

### 2-2 多面体カットの制御技術の確立

まず理想的なラウンドブリリアントカットを想定し、外径とテーブルの大きさを設定して作図した後、各ファセット面の交点の座標を計算して平

面の式を導き出した。次に平面の式から各ファセット面の角度を算出してカット角度、割り出し角度を決定した。NC高精度研磨実験機ファセターの角度と位置の設定を三つのステップモーターのパルス数に変換し、加工データとするソフト開発も行った。

標準的なラウンドブリリアントカット形状を一定方向に引き延ばす方法によるオーバルブリリアント及び変形ブリリアントカット形状、更にステップカット等7種類の加工パターンを開発した。

ラウンドブリリアントカット、ステップカット、オーバルブリリアントカットの加工ソフトについては、NC高精度研磨実験機により動作を確認した。

### 2-3 変形状製品の加工技術の確立

変形状研削機は、数式で表わすことのできない自由形状を加工するための研削装置である。



写真3 変形状研削機

表3 加工条件

砥石回転数	9200rpm
砥石直径	75mm
砥石揺動速度	2.4m/min
切込み速度	0.026m/min
研削液	水溶性研削液
被削材	めのう 3mm

この装置は、被加工物をNC高精度研磨加工装置で加工する前工程に用いる目的で試作開発した

もので、各種形状について、NC加工するデータの  
入力方法について検討を行った。

これは凹面を有する自由形状物の加工技術に  
応用し、貴金属金具への枠合わせ加工の合理化、あ  
るいは彫刻加工技術に頼っていた形状物加工の機  
械化等を目指したものである。

データの入力方法は、まず加工形状をイメージ  
スキャナーによりコンピュータに読み込む。そして  
XY座標系で与えられたデータを、極座標系  
(図形の中心はX座標、Y座標の最大値・最小値  
の中間の値とした)に変換して加工データとした。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3-1 開発技術の適応実験及び改良

性能試験で最も鏡面の良かった#8000ダイヤ  
砥石、I社製磨き砥石(ポリマップ3 $\mu$ m)及び  
ダイヤモンドパウダーによる遊離砥粒方式について  
実験を行い比較検討した。

実験の結果、#8000ダイヤ砥石(試作砥石)で、  
Ra=16.9nm、ポリマップ3 $\mu$ mダイヤ砥石(I  
社)で、Ra=17.4nm、銅板+ダイヤパウダー  
( $\frac{1}{2}\mu$ m)でRa=4.8nm、錫板+ダイヤパウダー  
( $\frac{1}{2}\mu$ m)で、Ra=3.5nmという仕上げ面性状が  
それぞれ得られた。

仕上げ面性状を図1~5に示す。

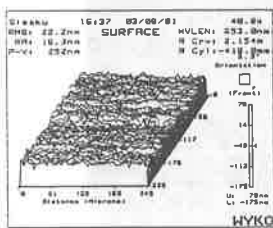


図1 #8000ダイヤ砥石  
(試作砥石)

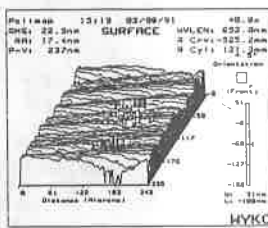


図2 ポリマップ3 $\mu$ m  
ダイヤ砥石(i社)

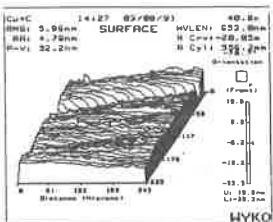


図3 銅板+ダイヤパウダー  
( $\frac{1}{2}\mu$ m)

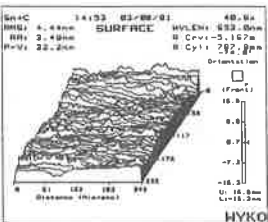


図4 錫板+ダイヤパウダー  
( $\frac{1}{2}\mu$ m)

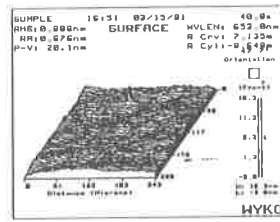


図5 標準片の鏡面

今回のダイヤモンド砥石での多面体カット実験  
では前報で報告した#8000ダイヤ砥石での磨き面、  
約8nmは得られなかった。これは前回の性能試  
験と加工方式・加工条件が異なるためと思われる。  
すなわち、NC高精度研磨加工実験機では加工圧  
力を自由に選択できないこと、加工時間が一致し  
ていないことと考えられる。

ダイヤモンド砥石による鏡面は遊離砥粒による  
鏡面よりやや劣る。その遊離砥粒に匹敵する磨き  
面を得るための砥石についてはメーカーと検討中  
である。加工条件の改良による仕上げ面の向上に  
ついては継続して実験を進めている。

#### 3-2 多面体カットの制御技術の確立

NC高精度研磨実験機により開発したNC制御  
の加工ソフトを用いて、ラウンドブリリアントカッ  
ト、オーバルブリリアントカット、ステップカッ  
トの加工実験を繰り返し行った。

カット角度、割り出し角度の変更は数値制御で  
行うがステッピングモータにバックラッシュがある  
ため、カット角度、割り出し角度をパルス数に  
変換する場合、再現性を持たせることが困難であ  
った。バックラッシュを除くために常に同一方向か  
らパルスを数えるような方法にソフトを改良する  
ことにより加工位置の再現性が得られ、ソフトの  
確立が出来た。

加工例を写真4~6に、加工に至らなかったが  
構築した加工ソフト形状を写真7に示す。

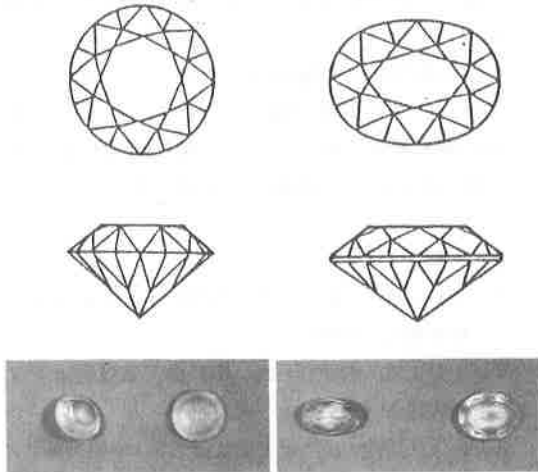


写真4 ラウンドブリリアントカット 写真5 オーバルカット

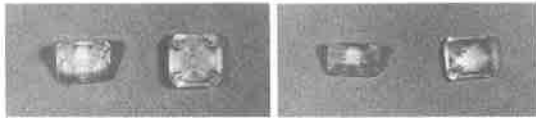
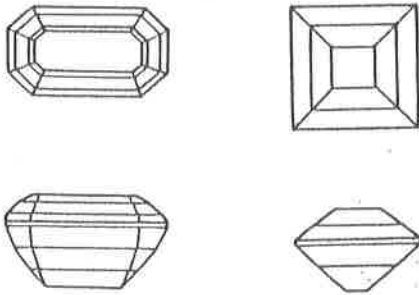


写真6 ステップカット

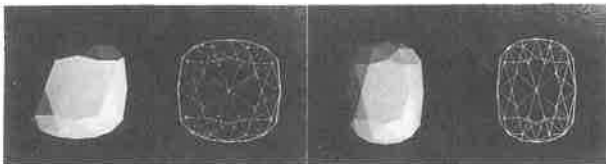
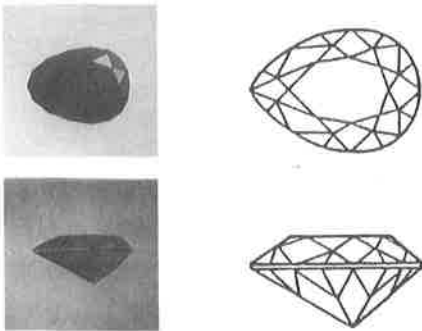


写真7 その他の開発ソフト形状

### 3-3 変形状製品の加工技術の確立

加工したい図形をイメージスキャナーから取り込み、加工データに変換するのに約20分を要した。写真8に示す各種形状のNC加工が可能となったが加工面は、荒摺り程度である。今回の加工ソフトでは加工形状によって若干の差はあるが直径25mm位の一つのパターンでは約60分を要した。

ダイヤモンド砥石の駆動をエアーシリンダーで行っているが、加工量を増加して時間短縮を図るとトルク不足のため、ダイヤモンド砥石の回転数が極度に減少する。また、ワーク保持部がたわみ、与えた形状にならないなどの問題が生じたため、加工時間をこれ以上短縮できなかった。

モータのトルク向上、ワーク保持方法の改善、ソフトの改良、供給する素材の工夫などにより加工時間の短縮が図れる見通しが得られた。

加工面の平滑度は、加工データの量に比例するが、加工時間の長さも加工データの量に比例するため、ワーク外周の分割数を増加すると加工能率も低下する。今回の実験ではワークの外周をデータ当たり約一度に分割、総データ数で360~480個程度で加工を行ったが加工面は前述の通り荒摺り程度であった。



写真8 変形状研削機によるNC加工例

本実験により変形状多面体カット製品の前加工が容易となった。工具干渉の関係から加工形状に若干の制約はあるものの、凹面を持つ精密複雑形状の自動加工が期待できる。今までは人手に頼っていた貴金属金具への枠合わせ加工の機械化・省力化が可能となる見通しを得た。

#### 4. おわりに

多面体カットの加工データ作成ソフトを開発するとともに、砥石の適応実験を兼ねた、加工を実施し、加工ソフトの確立を図った。

NC高精度研磨実験機での加工データ及び問題点（特にファセターの剛性及びステッピングモータのバックラッシュ等）は、本装置製作上貴重な資料となった。

また変形状研削機では、凹面を含む自由形状製品のNC加工化の可能性を見いだした。

しかし現段階ではNC高精度研磨加工装置、及び変形状研削機ともに手加工と比べ、多くの加工時間を要する。

開発ソフトの本装置での適応性、新しい形状の加工データの入力ソフトの開発・改良、能率的なダイヤモンド砥石の開発及び加工条件の工夫によ

る加工時間の短縮等が今後実用化のための課題である。

なお本実験にご協力頂いた砥石メーカーの旭ダイヤモンド工業(株)、(株)ノリタケカンパニー、及び加工機メーカー(株)のイマハシ製作所並びにワイエス電子(株)に心から感謝申し上げます。

#### 文 献

- 1) 上野正雄, 中野公一他 山梨県工業技術センター 研究報告 (1990)
- 2) 上野正雄, 中野公一他 山梨県工業技術センター 研究報告 (1989)
- 3) 山下久雄他 山梨県工業技術センター研究報告 (1988)
- 4) 今橋孝弘 宝石の加工 機械振興協会 (1987)
- 5) 近山 晶 宝石学必携 全国宝石学協会 (1985)