

貴金属製品の三次元原型・加飾加工技術の開発

藤巻 誠・橋田 鉄雄・中山 信一

Development of Working Upon 3-Dimensional Model and Superficial Decoration

Makoto FUJIMAKI, Tetsuo KITTA and Shin-iti NAKAYAMA

要 旨

貴金属製装身具類の製造工程において、原型を元の形とする鑄造複製手法に関して、原型製作及び加工工程の自動化を目的に、コンピュータを使用したNC加工機構を提案し、三次元物体成形方法として、原型素材の除去ならびに付加による原型製作手法を検討した。

1. 除去加工においては、回転切削刃を用いて円柱から円錐・回転多面体ならびに直方体から三角錐を得る方法について検討し、P乗平均距離計算法を応用したツールパス決定法を考案した。この成果をもとに、凹凸のある複雑な曲面は、有限個の平面で近似し、各平面を切削で実現して、平面個数の増大により曲面に漸次近似させて、複雑な曲面の実現を図る。
2. 付加工において、熱可塑性素材を加熱槽から押し出し順次積層させて、立体を得る積層固化法において、数層重ねた立体形状が実現出来た。
3. 薄板状素材を切抜きし、折り曲げ、捻り等の操作を加え立体形状とする手法について検討した。切抜きの動力として光エネルギーを利用することとし、光源、照射方法、焦点深度等の光学的要因と微細形状の表現性能について検討し、立体成形への適用の可能性を見いだした。

1. はじめに

本研究を進めるにあたって、次の順序で行うことにした。

- ①市販装身具類の形状及び工程について調査し機械加工が適用できる形状及び工程を分類する。
- ②各種加工機械の中で適用可能な加工機構を分類整理する。
- ③加工方法及び対象素材を検討する。
- ④加工機構を提案し、具体的な形状について加工例を実現する。
- ⑤装身具加工に固有の作業環境について調査し、適応したアタッチメントを検討する。
- ⑥数値データに基づいた形状の成形機構へと発展させる。

2. 一般的金属加工と貴金属製装身具加工の比較

以後、金属加工は鉄・アルミニウム等の素材を切削・接合・鑄造等の方法で機械部品に成形す

ることとし、貴金属製装身具加工はプラチナ・金・銀等の素材を同様な方法で指輪・ネックレス等に成形することとし貴金属加工ということにする。

それぞれの特徴は数多くあるが、機械部品は個別部品の結合を前提にしているが、装身具はそれ単体で存在意識があることが基本的な相違点である。従って、機械部品は平面、円柱面等の単純な形状であり、加工精度、再現性等が重要であるが装身具は複雑形状であっても、再現性はあまり重要ではない。

以後、多種多様な貴金属製装身具の形状について検討する際に、なんらかの基準を設定する必要があると思われるので、基準として資料1、2を採用する。資料1、2は、国内の主要メーカの最新主要製品モデルを登録しており、メーカとディーラ、ユーザ間の中間媒体として業界内で認知されている。

一般的に、物体の形状を表現する場合、単純形・複雑形と言っている。それぞれ、厳密に定義する

ことは困難であるが、ここでは単純形とは円・球、立方体・直方体、角錐・角柱等の少数の数式で表現できる形、複雑形とは単純形の複雑の集合形または動植物およびこれらに類するものの形と簡単に考えておく。

中間的形状として、単純形の簡易な複合型、一例として回転多面体等を考慮しておく。

このような仮定義をにおいて、資料1、2に掲載の製品を分類してみた。

商品分類としては、指輪・腕輪・イヤリング・ペンダント・鎖等と表現されているが、形を表す言葉で考えると、平面型・一体型・貫通型・複合型・捻り型等の様々な観点からの表現が可能である。

このような多様性のある形状について、以下の直感的基準で機械加工が可能であるか否かを分類してみた。

機械加工が困難であるか、または不可能であると思われる理由は次の点である。

- ①保持することが困難である。
- ②機械的強度が不足である。
- ③加工具の刃先と形状とが干渉する。

機械加工が可能であると思われる理由は次の点である。

- ①平面的である。
- ②円柱型である。
- ③凹凸が少なくカーブがゆるやかである。

結果は表1の通りである。資料中およそ14%程度の形状について、機械加工が適用出来そうであることが判明した。

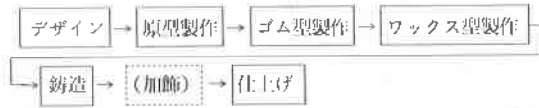
表1 製品種別形状調査結果

種別	金製品カタログ※1		プラチナ製品カタログ※2	
	形状構成比%	構成比%	形状構成比%	構成比%
ネックレス	24	1	20	1
ファッションリング	27	3	2	2
ペンダント	13	3	16	3
イヤリング	8	1	9	1
ブローチ	16	5	6	2
婚約指輪 その他	12	2	25	3
合形	100	14	100	12

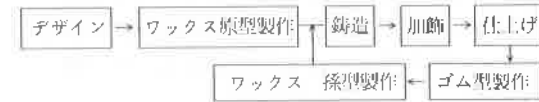
資料1 GOLD JEWELLERY JAPAN'88
ワールド ゴールド カウンシル リミテッド
約6,000点掲載

資料2 PLATINUM JEWELLERY COLLECTION VOL.9
プラチナ・ギルド・インターナショナル
約1,500点掲載

ここで、貴金属加工の工程例は、図1のようである。



a 金属原型の工程



b ワックス原型の工程

図1 装身具加工工程例

金属原型としては、銀材を手加工したものをを用いることが多い。銀を用いる理由は①加工性がよい ②原型の保存性がよい ③光沢の感覚が得易い ④工数が推定できる ⑤経費が安価である、等である。

原型の素材としては、ワックスを使用することが多い。

ワックスを用いる理由は、①加工性がよい ②形状の伝達性がよい ③容易に使用できる ④安価である等である。

金属加工の工程は、素材形状に応じて各種あるが、装身具と同様な物体としては、曲面の多い流体機構部品等を対象にしたロストワックス鋳造法がある。

この工程例を図2に示す。

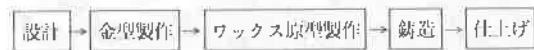


図2 機械部品加工工程例

3. 立体複雑形状加工手法の確立

3-1 加工機構の調査

切削加工機は旋盤とフライス盤が基本型であるが、両者とも手操作型からNC制御型へと高性能化されて、ワーク形状を数値で与えることによって様々な形状が成形できるようになった。

これらの各種装置は、直角座標系での動作機構が主流である。

これに対して、空間移動機構としてのロボットは直角座標系の他に円柱座標系、球座標系

をも用いている。動作型としては、直交型・スカ
ラ型・ラムダ型・多関節型等がある。

3-2 三次元加工機構

装身具は、企周囲に加工する場合が多い。従っ
て、理想的には、一点でワークを保持し、任意方
向から加工点にツールを向けて、加工出来ること
が望ましい。ここでは、この理想の加工方法を三
次元加工と考える。さらに、ワークの持ち替えと
ツールの持ち替えがなく成形できることが望まし
い。



写真1

実際の装身具加工では写真1のような保持具
(球形バイス)を用いている。これは、球体の一
部にバイスを設置し、球体をゴムリングで支える
構造である。バイスでワークを固定したのち球体
を所定の方向に設定すると、保持具の自重とゴム
との摩擦力でその方向を保っている。ツールは手
で持ちワークに当てる。このとき、ワークの向き
が変わらないように、他の手でバイス(球体)を
支える。

三次元加工機としては、上記のツールとワーク
との相対的な動作が出来ることが望ましい。

3-3 三次元加工機構の提案

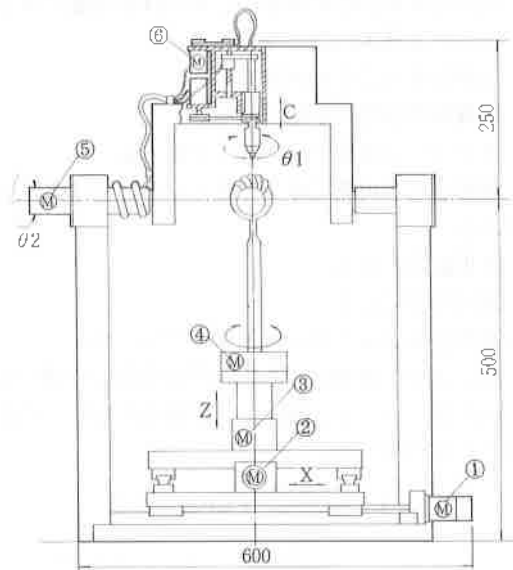
このような要求から、ワークの移動は直交座標
系で、ツールは球座標系で表現することを考える。

ワーク内部に加工基準点を想定し、加工基準点
は装置の原点から直交座標で表す。

ワークを内部に含む球座標を考える。ワークの
表面が円弧(あるいは球面)で近似できるならば、
近似した円弧の中心点と球座標の中心点を一致さ
せてツールが円弧を描くことによって、ワーク表
面が円弧を形成する。この場合、ワーク側3自由
度、ツール側3自由度が必要である。

さらに、ツールとワークとの重量を比較すると
ツール側がはるかに大きいことが予想されるので、
ツール側の重量軽減のために、ワーク側に経度
に対応する回転軸を付加し、ツール側の回転軸を1
軸減ずる。

この場合の機構の構想図を図3に示す。



- ① X軸モーター
- ② Y軸モーター
- ③ Z軸モーター
- ④ $\theta 1$ サーキュレーター用モーター
- ⑤ $\theta 2$ スイング用モーター
- ⑥ C.T.具制御用モーター

図3 三次元加工機構の概念図

このとき、装置の剛性が十分にあるならばワーク
の材質は考慮しなくてもよいが実際には限界があ
るので、ここでは加工性のよいワックスを対象素材
とする。ワックスの加工性については別に検討する。

3-4 加工例

3-3に基づく加工機の例を写真2に示す。

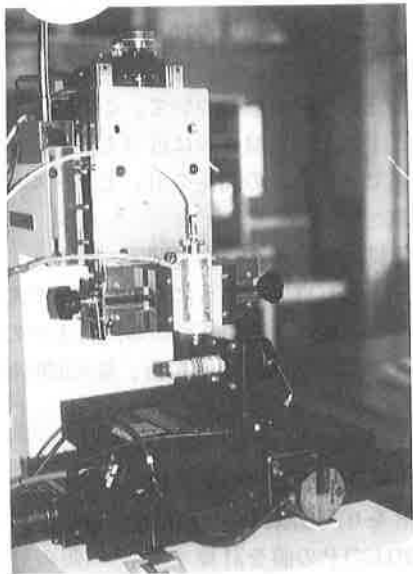


写真2

本機は、鋳鉄製の基台の片側に同じく鋳鉄製の側柱が固定され、側柱の正面上部にツール固定機構（Z軸）がある。基台の上部にXYテーブルを固定し、テーブルの上部に、アタッチメントが着脱出来る構造である。

ツール固定機構は側柱にそって垂直に移動でき、ツールは簡単に着脱出来る。



写真3

テーブルへの付加機構としては、垂直回転機構と水平回転機構がある。

制御方式は、X・Y・Zおよびθの4軸制御であり、各軸はステッピングモータ駆動式である。

①垂直回転軸機構における例（除去加工）

この型はフライス盤型であり、いわゆる2.5次元の加工が出来る構造である。ツールとして回転式切削刃（写真3）を用い、時間短縮のために、予め円錐状に前加工を施した素材を、回転多面体に切削加工した。

ワークは、ワックスの溶融点以上に加熱したワーク保持具（金属製）を、素材中に押し込み、自然冷却して固着したのち、チャック機構にセットした。

ワーク保持具の取り外しは、同様に加熱して、抜き取る。

ワーク保持具の直径は、ワークの約10分の1程度が適当である。

加工方法は、X軸の往復運動とY、Z軸の交互往復運動で切削を繰り返して、斜面を形成した。

1つは斜面を加工したのち、一定角度回転し、次の面を加工するという手法で、写真3のようなダイヤモンドカットのバビリオンを成形した。

この制御プログラムは、専用制御機を用いて実行した。

この形状は、1つの面の形成と、面の繰り返し形成により、少数の入力データで立体が成形できるために選択した。

②水平回転軸機構における例

この型は旋盤型である。

円筒状素材を水平回転軸に保持し、回転軸とツールの距離および軸上の位置を制御して立体形状物を成形する。

この型は、一軸貫通型である指輪の成形に適している

①の型で、ツールを水平に固定した場合に相当する。

3-5 加工環境について

ワックスを加工対象素材とすると、次の点を考慮しなければならない。

- ①切り粉の飛散防止あるいは吸引収容
- ②付着
- ③溶解
- ④燃焼

①については将来、鋳型から出来上がった貴金属製の半製品の加飾工程においても、貴金属切り

粉の回収対策として重要な要素となる。

② ③ ④については加工時に発生する熱による場合と、熱を加工動力として用いる際に重要な要素となる。

従って、ワーク収納容積を出来る限り小さくし、装置全体を密閉構造とすることが望ましい。

3-6 制御方法

(1) 特殊形状

一般的に、素材は、直方体、円柱等の単純な形状で与えられる。素材を任意形状に成形する前段階として、直方体に内接する球の製作工程について検討した。

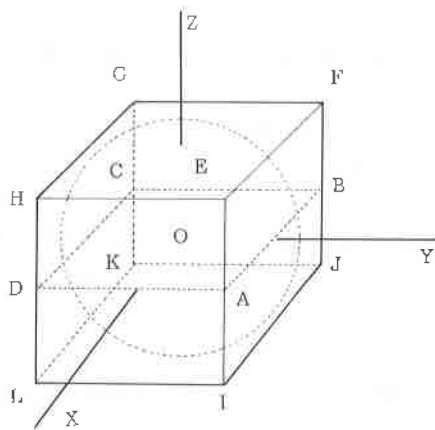


図4 直方体と内接球

図4のように、直交座標の原点を中心とする半径1の球とこれに外接する直方体においてXY平面について、ABCDは正方形sの頂点とする。

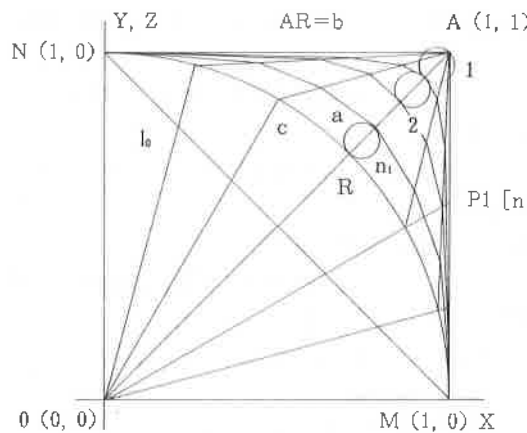


図5 P乗平均距離軌跡による漸近化法

対称性を考慮して、図5に示す1辺の長さ1の、 $\frac{1}{4}$ 正方形の範囲で考える。

直交座標で $x^P + y^P = r^P$ (1)式とすると、 $r = 1$ として、 $P = 1$ の場合は線分MN、 $P = 2$ の場合は円弧cになる。

正の任意のPの値について、この値を増加させると式(1)は、直角MANに近づく。P乗平均距離の関係である。この関係を用いてツールパスを自動計算させる。

①工具形とツールパスの関係

ツールは写真3のように刃先が球形でありその半径をaとする。直角外形から円弧までの素材部分を n_i の切削で除去する場合、最大間隔は線分ARであるから

$$n_i \geq AR / 2a \text{ でなければならない。}$$

②水平面内のツールパス

ARを n_i 等分割し、点A側から各分割点を通る、式(1)のPの値を計算する。 n_i 個のPの値によって決まる軌跡をツールパスとする。

$n_i = 7$ とするとPの値はそれぞれ、13.5、6.6、4.3、3.1、2.4、2.2、2.0となる。

XYテーブルの駆動ピッチまで軌跡の精密表現が出来るが、ここでは、軌跡上にいくつか点を選定して、直線補間法を採用した

補間直線の決定方法は次の通りである。

- a 円弧cをq等分し、分割点座標を計算する。(図4では $q = 6$)
 - b 各等分点と点Aを直線で結ぶ。
 - c 各直線と各Pの軌跡との交点座標を計算する。
- ここで、素材の一辺の長さ、工具径が与えられると、qを指定することによって、計算機を用いて、必要な補間点の座標および補間直線の式を決定できる。

この場合、ツール姿勢は水平面内で、補間直線に垂直になるよう指定でき、補間直線から工具半径だけ補正してツールを直線移動させる。

従って、式(1)に基づいた $4q$ 本の補間直線で作成した単位パスを、1から n_i までたどることで、正方形から円に至るツールパスを決定できる。

また、外形線と補間直線とのなす形状が切削除去する素材の量になるため、補間直線ごとに外形線との平均的な間隔を求めて、それに対応した工具移動速度を与えることにより、加工時間の短縮およびツール移動の円滑化を図ることが出来る。

このようにして決定した最適なツールパスから、加工所要時間を推定することが出来る。

工具の切込み量、移動速度、刃先形状等の加工条件は別に検討する。

③垂直面内のツールパス

中心Oを通り側面に平行な垂直面については、図5のYをZと読み替えて、②と同様な手法で実現できる。

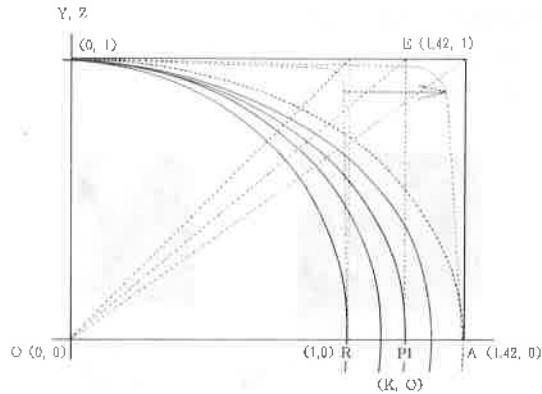


図6 垂直断面内の楕円近似法

図5のP1 [n₁, q₁] 点を含む垂直面で考えると、図6のように、X軸方向に長い楕円と考えて、 $x' = k \times x$ として、xの座標値を拡大して扱う。(q-1)個の各点について、原点からその点までの距離を長軸とする楕円について、q個の補間直線で単位パスを決定し、②と同様にn₁回たどることにより、矩形から近似楕円を経由して、P₁にいたるツールパスを決定できる。

④三次元ツールパス

図5、図6の特定のn₁の値について考えると、q × q個の点によって表現される網目が、正直方体から球にいたる単位パス（面加工）と見なせる。

1つの網目について、対向する2辺をそれぞれm₁に等分割し、分割点相互を直線で結んで、ツールパスとする。この状態を図7に示す。

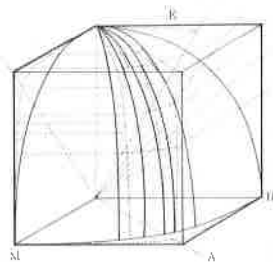


図7 三次元ツールパスの例

ここで、1つの網目毎に近似平面を形成するか、隣接網目に接続して周回して形成するかという問題があるが、これは、次年度以後の課題とする。

回転刃が紙面に垂直方向に移動する場合、加工痕（面粗さ）の高さをhとし、1つの補間直線l₁を、m₁回の切削で実現する場合ツール径と加工痕の関係は図8のようになる。

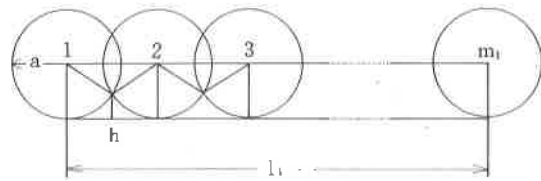


図8 工具径と加工痕の関係

従って

$$(a - h)^2 + (l_1 / 2 (m_1 + 1))^2 = a^2$$

の関係により、期待するhに対応した加工回数m₁が決まる。

各補間直線毎に、加工回数が決定するので、さきに検討したツール移動速度との関連で、単位パス（面加工）の所要時間が積算できることになる。

(2) 一般形状

一般実現方法

一般的な形状が、CADにより数値で与えられるとすると、多くの場合多数の微小平面により表現されると思われる。

平面で表現されるサーフェイモデルの場合、最少単位立体である三角錐を立方体から形成する一般的手法を見いだすことが課題となる。

図5でP=2の場合の円弧をさらにP-1まで、式(1)のP値をn₂回決定し、合計n₁+n₂個のツールパスを決定する。この方法によって、直角二等辺三角形から斜辺までの切削除去が出来る。

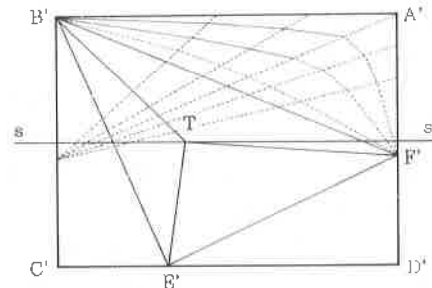


図9 矩形から三角形を作成する方法

一般の直角三角形の場合は x または y のどちらかを k 倍して、直角をはさむ2辺をそれぞれ短径長径とする楕円として扱う。

図9のように矩形 $A'B'C'D'$ から、1つの頂点 B' を共有する内包三角形 $B'E'D'$ を成形する場合、三角形の各辺は上記の手法で実現できる。

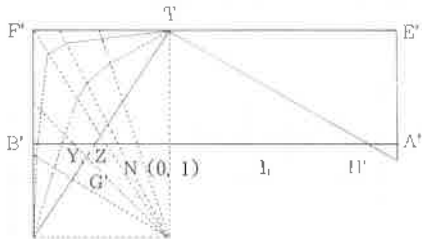


図10 直方体から三角錐を作成する方法

さらに、この三角形を底面とする三角錐を直方体から作成する場合、頂点 T を含む垂直断面 ss' は図10のように、三角形 $T(G'H')$ の両側に台形または三角形を配置した状態になるので、直方体の側面および三角錐の斜面を延長させて、三角形を作りその一部分として扱う。

以上で、凸側から平面を形成することを検討してきたが、図5で、 P を1から増加させることによって、逆に、平面から直角までの凹面を形成することが出来ることが推定できる。

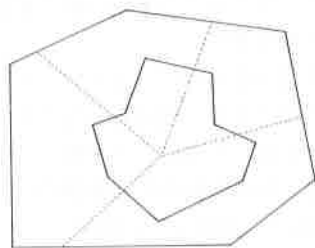


図11 任意外郭形状内の任意形状

また、図11のように外郭形状の内部に、任意形状を成形する場合それぞれの形状をキーフレームとして段階的に加工することが考えられる。

段階化の一手法として素材中の一点から放射状の補助線を引き、外形と輪郭線との間隔を求め、最大間隔と工具径で決まる漸近回数で分割する。各補助線の分割点を、順次結んで補間直線とする。

この方法で実現するためには補助線と輪郭線とが一点で交わるという制約があるが、図5の一般化した場合であると考えることが出来る。

3-7 機械加工困難な形状の実現方法

以上で、素材の不要部分を切削により除去して成形する方法を検討してきたが、より多くの装身具の三次元成形を実現するために以下の手法についても検討した。

(1) 積層固化法

内部に空間のある形状物には、ヒータ付き液体供給機構を用い、ワックスを加熱溶融して供給し、順次重ねて立体を得た。

制御方法は、垂直方向の一軸のみで行った。その様子を写真4に示す。

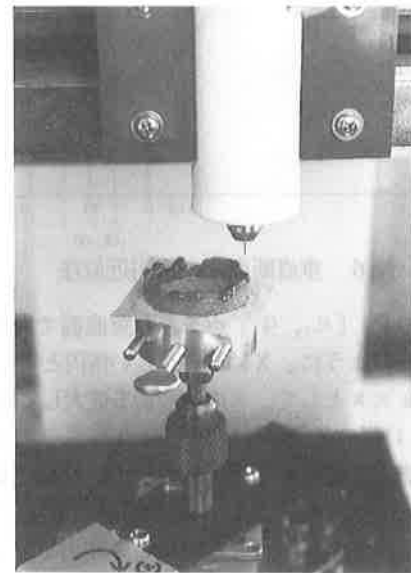


写真4

移動機構の制御は比較的簡単であるが、ワックスの供給量の制御および加熱冷却の制御が重要な要素となる。

液体供給機構にはモノポンプ式、遊星ローラポンプ式、ギヤポンプ式等各種の方式があるが、ここでは空圧ピストン式を用いた。

(2) レーザ切抜き法

短冊形の両端をひねって接合したような、反転のある形状は、面の定義も困難であるので、平面素材を切り抜いてのち接合することとした。

平面の切抜きは2次元加工であり、その運動機構は比較的簡単に実現できる。ツールは光ビームとし、熱エネルギーでワックスを蒸散させる。

光源・照射方法・焦点深度等の光学的要因と微細形状について検討した。

4. 原型素材の適用実験

三次元原型加飾手法の検討結果から、切削加工、付加工及び除去加工の各々の加工法もしくはこれらの複合加工によって三次元原型の創成が可能であることが分かった。

そこで、これらの加工法に適用できる原型素材の調査、選定実験を行った。

表2 手法からみた原型素材の分類

加工手法	加工装置	必要な性状と性能	該当素材
切削加工	回転工具 リユーター	①硬切削性 ②切粉の分離性 ③平滑性 ④操作性	①ワックス ②ケミカルウッド ③樹脂 ④切削金属
付加工	定量供給 デスペンサー	①低熔融 ②流動性 ③同化性 ④成型性 ⑤無磨き ⑥接合性	①ワックス ②接着剤 ③樹脂 ④低熔融合金
除去加工	熱蒸発装置 レーザー加工機	①低蒸発性 ②成型性 ③操作性 ④比熱能性	①樹脂 ②ワックス ③金属 ④低熔融合金

表2の手法からみた最適原型素材の関係から、どの加工法にも必要な性状、性能を満たしているワックス材が適していることが分かった。また、表3より現加工工程と原型素材の関係をみると、ワックス原型は鋳造加工工程に適用できる。

表3 現在の加工方法と原型素材の関係

加工方法	工程	適合原型素材	備考	製造比率
鋳造加工	オリジナル原型 鋳造原型	①ワックス ②金属(鋼) ③ワックス	①個 ②は確型を造る	60%
プレス加工	放電加工 金型加工	③炭心電極材 ④快削金属 ⑤低熔融合金 ⑥樹脂	放電加工用電極は極微加工	15%
電鍍加工	電鍍用型 星産原型	①低熔融合金 ②ワックス ③金属 ④低熔融合金	①個 ②確	1.5%
手作り加工			①個もの	10%
機械加工			鋳等	15%

そこで、ワックス材を中心に同一形状工具で切削加工できるグラファイト電極材、ケミカルウッド材を比較材として加え、原型素材の適用実験を行った。

4-1 実験方法

① 切削加工用素材

表4 ワックスの物性と改質材の関係

材料名	熔融温度	改質剤	物性	色(参考)	メーカー
ワックス A	95°	ミツロウ	じん性		
ワックス B	100			レッド	Fork
ワックス C	104		キメが細かい	ブルー	Kerr
ワックス D	110		弾性	グリーン	Matt
ワックス E	122	樹脂 パラフィン	シャープ	パープル	
ワックス F	128	樹脂	切削性		
ワックス K	61°		流動性 展開性	ブルー	Peris
ワックス I	80	樹脂	靱性		
パラフィンプレートワックス	64		柔軟性	レッド	東細研
インジェクションワックス	63		流動性	グリーン	吉田工業

切削抵抗の測定として、予め選定した工具を用い、表4の試料をそれぞれ3回づつ切削し、1回に要する切削工具の電力量の推移を記録紙から読み取り、これを切削能率の推移とする。この値をもとに最小自乗法にて指数関数型の能率低下曲線を求め、この曲線の推移から各素材の切削性の良否を定量的に比較する。また、工具の主軸回転数の変動を測定し、切削能率の補足資料とした。

表面形状の測定として、切削条件による変化を比較するため、実験テストピースの表面形状を測定比較する。

切削量の測定として、切削実験の前後にテストピースを天秤で減重量測定する。

② 付加工用素材

熔融温度、ノズル形状、加圧の各条件等を組み合わせ設定し、流動性、表面形状を目視判定する。

③ 除去加工用素材

CO₂レーザー加工機を光ビーム熱源とし、切断除去面の形状、表面粗さ等を目視判定する。

4-2 実験材料

実験に供した素材を表4に示す。

市販のハードワックスは、融点が100~120℃くらいで、糸鋸やヤスリ、カッターナイフなどで切り、削ることができるが、回転工具による切削加工やデスペンサーを使った熔融固化、レーザー加工には、硬度とねばりを必要とするためワックスに改質剤を少量加え性状を整えた。

4-3 実験装置

①使用機器

本実験で用いた機器は次の通りである。

- 加工実験装置 (XYプロッター) YS電子工業(株)
- デジタルカウンター 三星電子(株)
- D-A変換器 三星電子(株)
- X-Yレコーダ 横河電機(株)

<工具>

切削加工 リユーター 50,000 R.P.M ミニター

付加工 デスペンサー 岩下エンジニアリング(株)

除去加工 CO₂レーザー加工機 三菱電機(株)

②測定ブロック図

測定ブロック図及び装置の写真をそれぞれ図12及び写真5に示す。

4-4 実験結果

①切削加工における切削量と消費電力量比との

関係から最小自乗法により求めた能率低下曲線を図13に示す。

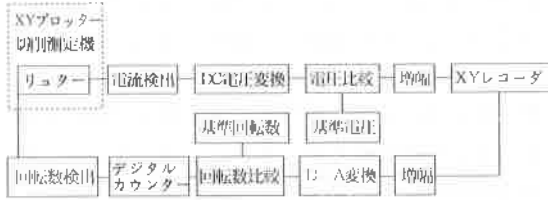


図12 測定ブロック図

表5 ワックス及びその他の供試材 試験結果

No.	資料名	短評	評価	No.	資料名	短評	評価
1	ケミカルワックスA	切削性◎	切削	11	ハードワックスA	じん性◎	レーザ
2	ケミカルワックスB	切削性◎	切削	1	ハードワックスB	硬化性◎	付加
3	テフロン			13	ハードワックスC		
4	66ナイロン			14	ハードワックスD	切削性◎	
5	ポリカーボネイト			15	ハードワックスE	切削性◎	切削
6	印材(粘)	切削性◎		16	ハードワックスF	切削性◎	切削
7	貴金属材料(銀)			17	ソフトワックスK		
8	黄銅材(18-18M)			18	ソフトワックスL	硬化性◎	付加
9	低熔融合金			19	パラフィンワックス	柔軟性◎	レーザ
10	グラファイト	切削性◎	切削	20	インジェクションワックス	流動性◎	付加

(◎):非常に良好 (○):良好 評価欄:記載内容の加工に適す

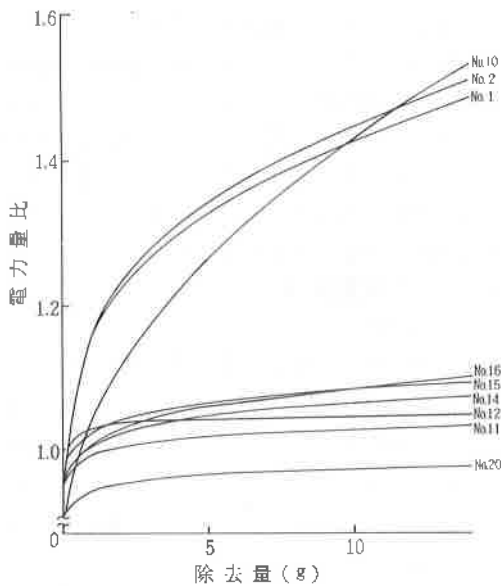


図13 各種素材の切削除去量と電力量比との関係

図から明らかなように、ワックスは比較材のグラファイト材と切削抵抗についてみると50%程度切削性が良いといえる。また、ワックスではハード、ソフトで二つのグループに大別できる。しかし、表面形状等を考察すると、切削加工に適した素材としてハードワックス、グラファイト電極材

があげられる。

② 付加加工および除去加工の実験結果を表5に示す。付加加工ではワックスの吐出量により線径、表面テクスチャーが決定する。これらの要因となる熔融温度、粘度、圧力、ノズル形状、テーブル速度等作業環境の条件設定が重要であり、幅広い選定が必要と思われる。

③ 除去加工については、CO₂レーザ加工による薄板ワックス材(0.2~1.0mm)が加工形状、面精度の点で適合できる一応の見通しを得た。1mm以上の切断加工については内部に熱がこもるため裏面にドロスが付着し、表裏にクリアランスの差が付く。アシストガス圧を上げることで精度を上げることができるが、ワークの保持が困難となるなど、厚板材の加工には適していない。

5. まとめ

立体の三次元加工に必要な手法を提案し、素材の保持法、加工手順、加工環境および素材等を検討した。

切削加工においては、特定形状物の成形過程を数式に基づいて実現する手法を開発し、簡易形状について加工実験を行った。

一般形状については、素材形状、加工形状をキープフレームとして、漸近化法により実現の可能性を見出した。

さらに、凹凸の多い複雑形状物の成形法として液状素材を順次硬化させる方法及び平面素材を切り抜いて成形する方法についても検討した。

これらの3つの成形法は単独で、あるいは複合させて採用できるため、従来実現が困難であった形状物の成形が可能になる。

また、共通して対象としている素材をワックスに限定し、それぞれの成形法に適した性状のワックスを開発した。

6. おわりに

地域システム技術開発事業『宝石貴金属製品の製造高度化システムの開発』における要素技術研究開発「三次元原型・加飾加工技術の開発」の初年度事業として、立体複雑形状の加工手法の検討を中心として研究を進めた。

本年度の成果をもとに、加工具の開発、加工条件の確立ならびに三次元NC原型加工機構の開発を目標に研究を続ける。

資料1 「GOLD JEWELLERY JAPAN 88」
ワールド ゴールド カウンシル リミテッド
約6,000点掲載

資料2 「PLATINUM JEWELLERY COLLECTION
Vol. 9」
プラチナ ギルド インターナショナル
約1,500点掲載

参考文献

- 1) 後藤正恵、斎藤訓仁：球面スカラロボットの応用研究、山梨大学修士卒業論文、(1988)
- 2) 安藤安美：ベクトル解析入門、現代数学社(1979)
- 3) C & C G研究会グループ：C言語によるパソコンCAD・CG、工業調査会(1986)
- 4) 露木 宏：ワックスモデリングの基礎、柏書店松原株式会社(1985)