

# 意匠設計支援システム「JCAD 3」の機能向上に関する研究

清水誠司・萩原 茂・河西伸一・阿部正人

## Research on Improving Functions of CAD/CAM System (JCAD 3)

Seiji SHIMIZU, Shigeru HAGIHARA, Shin-ichi KASAI and Masahito ABE

### 要 約

意匠設計システム「JCAD 3」の機能向上を図るために以下の点について検討した。①ユーザインターフェースの操作性を高めるために、三次元座標入力装置を用いた座標値及び法線ベクトルの入力方法について実験を行った。その結果、二次元空間の指示装置として十分使用可能であることを確認した。②曲面形状を簡単に生成するためにプリミティブ形状を曲面化した部品を作成し、これらの形状をコマンド化する方法を確立した。③ソリッドモデルの形状補正のアルゴリズムについて改良を行った。その結果、高速な補正と高い精度の加工の見通しがあった。

### 1. 緒 言

近年、県内の中小企業でもコンピュータを援用した設計支援システムの導入や検討が、多くの業種で進められている。しかし、操作性が良く、コストパフォーマンスの高いシステムが数少なく、実用的な3次元のCAD/CAMシステムの実現が強く望まれている。

そこで、本研究では昨年度まで開発を進めてきた意匠設計用の形状モデリングシステム「JCAD 3」<sup>1)2)3)4)</sup>をより多くの分野で活用できるように、コンピュータとの対話操作が簡単にできるユーザ・インターフェース、より複雑な曲面形状の生成を可能とする方法、及び高精度な樹脂モデルを作成するための加工データの生成方法等について検討し、改良を加えたので、その結果について報告する。

### 2. ユーザ・インターフェース

CAD/CAMシステムの操作性を高めるために、仮想の3次元空間で形状設計が行えるユーザインターフェースの開発を目的として、本報は、3次元デジタイザによる空間位置の指示方法及び液晶眼鏡による形状データの立体表示方法について検討した。

#### 2-1 3次元デジタイザによる空間指示方法

現在、コンピュータシステムではマウス、デジタイザなどが、2次元的な入力デバイスとして用いられている。3次元CADやCGシステムにおいては、これらデバイスを用いて、平面上で3次元的な処理を行っている。しかし、この処理方法では、操作に精通した人でなければ扱うことが難しい。そこで、3次元デジタイザを用いた空間位置の指定方法について実験を行った。

#### 2-1-1 3次元デジタイザ動作原理及び精度測定

本研究で使用した3次元デジタイザ(株)マクダネルダグラス社製 3SPACE Three-Dimensional Digitizer ISOTRAK)は、直交コイルに交流電気を加え磁界を発生させて、この磁界中にセンサー(直交コイル)を置いた時にセンサーに流れる誘起電流の大きさをコンピュータで処理する事によって、センサーの位置、角度データを検出する物<sup>5)</sup>である。図1に原理図を示す。

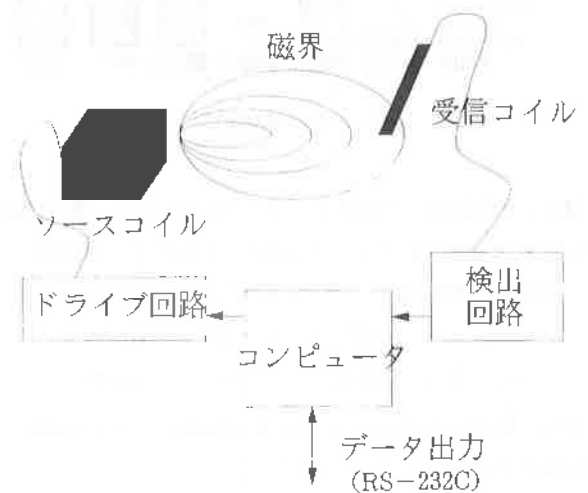


図1. 3次元デジタイザの原理

この3次元デジタイザを使用するにあたって3次元空間におけるセンシング精度を3次元座標測定機に図2(a)のような方法で3次元デジタイザを設置し、X、Y、Zの各々の3次元空間における移動距離測定を行った。測定方法は、3次元座標測定機を校正する方法に類似して、空中のある1点を原点として図2(b)に示すように測定点まで、+、-の2方向から接近して停止後、その座標点を読みとり原点からの移動距離として、この動作を2往復させて個々の座標点を4回づつ測定した。

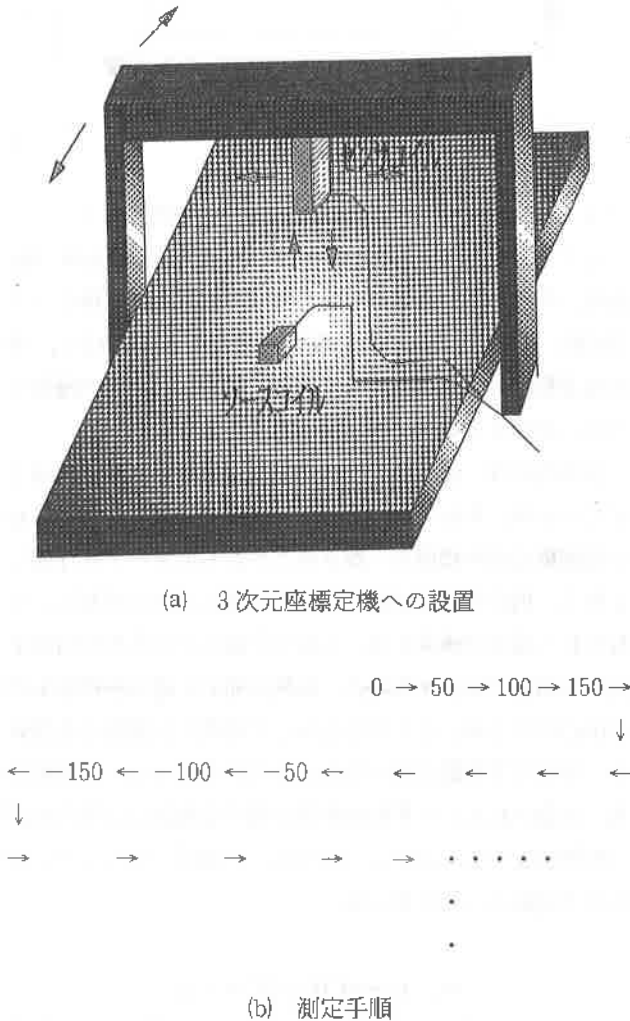


図2. 3次元デジタイザ精度測定方法

図2の方法で測定した3次元デジタイザの精度測定結果を図3に示す。X、Y方向については、遠距離の座標位置においては2.5mm程度の誤差であるが、近距離の位置では5mm前後と悪い。また、Z方向については1mm以下と高精度で座標位置を得ることが判った。しかし、空間位置の指示装置としては、十分に使用可能である。

2-1-2 「JCAD 3」への接続

3次元デジタイザとJCAD 3の接続は、デジタイザのコントローラとEWS (エンジニアリングワークステーション)

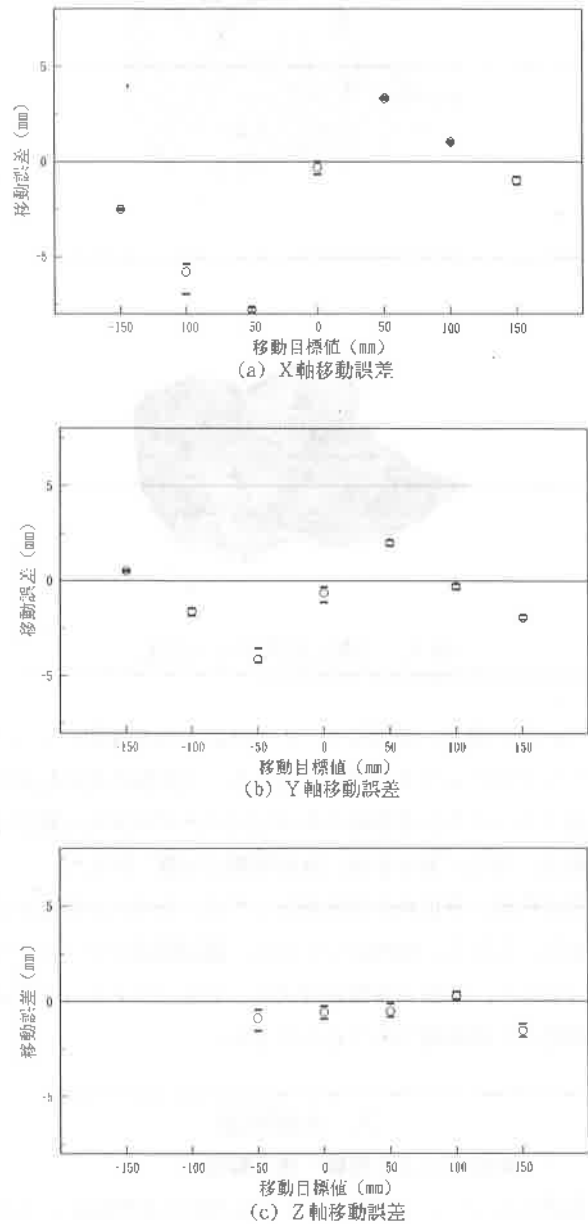


図3. 精度測定結果

ン)をRS232Cで結び、EWSで制御しながら、JCAD 3へ座標点入力を行った。デジタイザによる3次元形状入力例として、被入力モデルにメッシュを書き、その交点位置を指示して、座標値を入力した。入力点からS曲面を用いて形状生成を行った。その結果を図4に示す。

2-2 液晶眼鏡による立体視

現在、一般的に行われているディスプレイ上の平面画面に映し出される3次元立体表示では、奥行きの無さ、立体感に欠ける。そこで、人間の左右の目の視差を利用して、奥行きのある立体とし認識させる方法(立体視)を検討した。

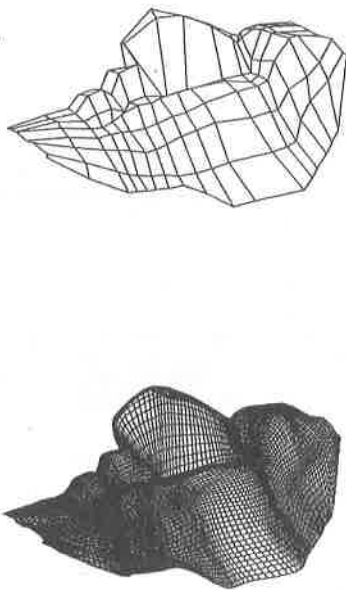


図4. 3次元形状の入力結果

今回の実験は、安価なゲーム用液晶眼鏡を使用してパーソナルコンピュータを用いて行った。立体視の表示方法は、画像メモリに左右それぞれから見た立体形状画を記憶させておき、交互に表示させ、液晶眼鏡と同期させた。

その結果、静止画の立体視としては、十分に立体感が得られた。しかし、動画については、液晶眼鏡のスイッチングスピード、動画の画像処理スピード等（コンピュータの処理能力）の問題があり対応できない。

### 3. 画面処理

#### 3-1 対話式による曲線・曲面編集

現状のJCAD 3は、生成されたS曲面を切り刻んだり凸凹を付けるなどの編集機能はあるが、切断線や凸凹の輪郭線を入力する際に、その座標値を何らかの方法で読みとって、テキストエディタ等で入力するあまり使い勝手の良いものではない。この点を改善し、より使いやすくする為に従来のような座標値の直接入力を変え、切断や凸凹の輪郭線の形状が一目で理解でき、また入力や修正がこの画面上で簡単に行えるようなグラフィック表示によるエディタを作成した。その様子を図5に示す。

#### 3-2 曲面のプリミティブ形状

複雑な立体形状をデザインする場合、曲面の生成や編集機能について、インタラクティブな環境を整備しても、何もないところから意図する曲面形状を入力するのは非常に大変な作業である。それより、簡単な基本的曲面形状を最初に生成しておき、その形状に対して変形操作を行うこと

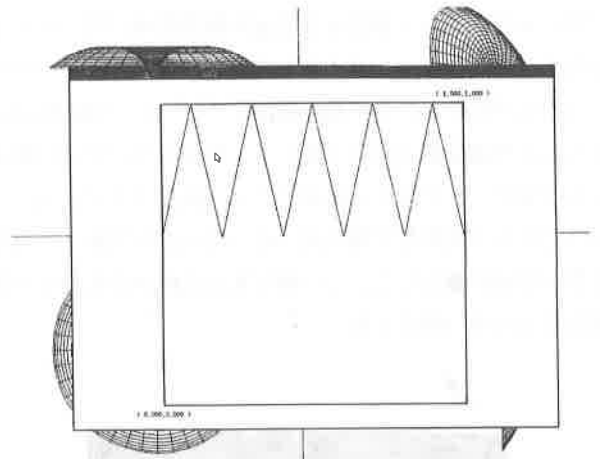


図5. 曲面編集エディタ

により、意図する形状を作成する方が効率的である。

そこで、本システムでは、ソリッドモデルの直方体、球、円柱、円錐の4つの基本立体を曲面で表現した立体データ（内部データとしては曲面の制御点情報）として持ち、その曲面形状の制御点に対して移動、拡大、縮小等の操作を行い、意図する立体に変形する方法を取り入れた。

具体的には、例えば立方体の場合は6つの平面で構成されているが、それぞれの平面をS曲面で表現し、各辺における制御点の座標値を一致させたかたちでデータを作成しておく。円柱では、底面、側面、上面の3つに分割し、それぞれS曲面で構成する。底面や上面などの外形が円の平面をS曲面で表現する場合、制御点列の1辺の座標値を円の中心にまとめ、そこを中心として円周上に制御点を設置し、外周まで制御点列を作成して円を表現する。この場合も、分割されたそれぞれの曲面が接する部分の制御点を同一座標値とする。図6に今回作成した曲面のプリミティブ形状と制御点の形状を示す。

### 4. レーザリソグラフィ

レーザリソグラフィは、前報<sup>2)</sup>において樹脂モデル作成で、ソリッドモデルの形状補正による高精度加工のアルゴリズムを確立し、10mmの球を造形する例では加工精度を0.1mm以下にすることができた。本報では、さらに大型造形の高精度化と高速化を計るため、以下の試みを行った。

- 1) 格子状のサポートを付加する。
- 2) 塗りつぶし走査は、塗りつぶし面内を蛇行させる。また、積層の度に走査方向を直行させる。

さらに、本報では市販されている3次元CADおよびCGシステムで作成したサーフェイス形状データをDXFフォーマットまたはSTLフォーマットで取り入れ編集を行い造形した。

水平な平面や混み入った複雑形状に格子状のサポートを設けることで失敗無く、従来の方法に比べ精度の高い造形が可能になった。

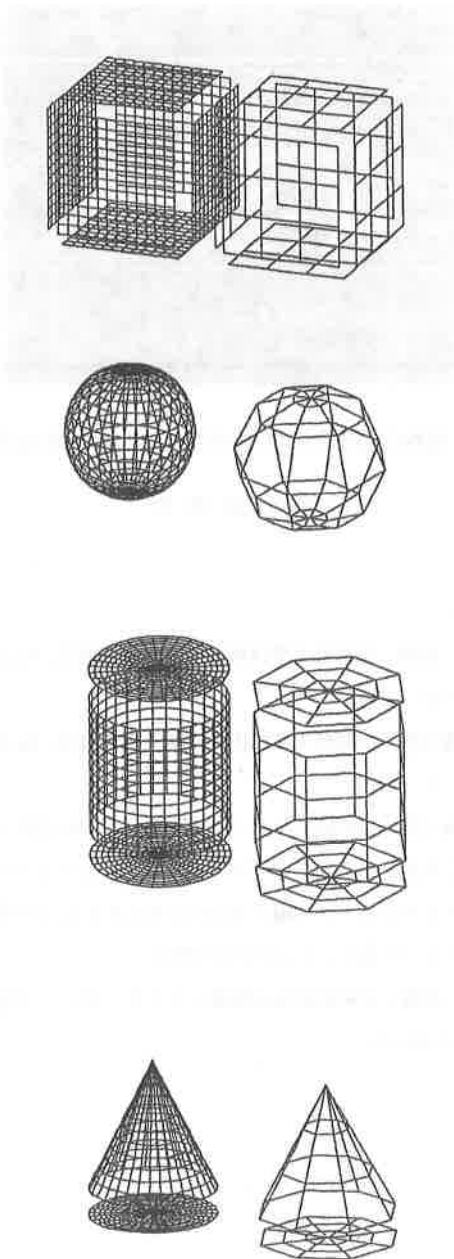


図6. 曲面化したプリミティブ形状

#### 4-1 格子状サポートの付加

レーザーソングラフィは、懸垂形状の造形を行う場合に積層テーブルまたは既に造形されている部分にサポートを造形し、懸垂部分と連結させて造形する。しかし、2次元の表示で複雑な形状の懸垂部分をすべて見つける事は、形状が重なって困難である。また、2次元座標入力のリテライザでは、正確にサポートの位置を入力できないなどの問題がある。また、水平な平面を造形する場合は、サポートを適切な場所に設けないと造形精度を著しく悪化させる結果になる。

#### 4-2 ジグザグ走査による高速造形

大型形状や中実形状の造形を行うためには、断面輪郭線の内部を塗りつぶしながら造形しなければならない。従来の塗りつぶし方法は、面内を均一な露光量で分布させるために水平なラスタ走査を行っていた。この方法では、1走査の度にシャッターを開閉しなくてはならず、機械的な負担がある上に走査速度に限界があった。本報では、断面輪郭線の内部をジグザグに走査し、1本の走査線で塗りつぶすことにより飛躍的に機械の負担を軽減し、走査時間を短縮することができることが判明した。本方法により造形した平面の表面精度は、従来の方法と殆ど変わらずモデルとしての利用に問題は生じない。

また、本方法では走査の方向を積層の度に変えることで、樹脂の収縮応力が分散され、造形物の反りが小さくなることが分かった。

#### 4-3 造形例

市販されている3次元CADおよびCGシステムで作成したサーフェス形状データをDXFフォーマットまたはSTLフォーマットで取り入れ編集を行い造形した例を図7に示す。

## 5. 結 言

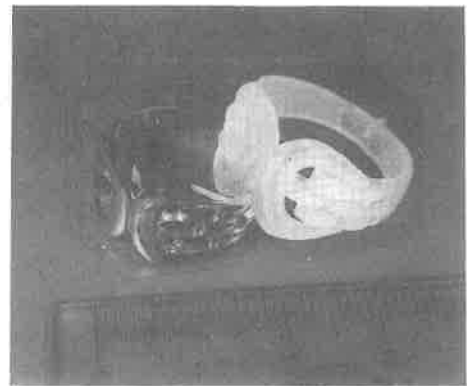
意匠設計支援システム「JCAD3」の機能向上を図ることを目的に①対話性の良いユーザインターフェース方法、②曲面処理方法、③樹脂モデル作成のための形状補正のアルゴリズムについて改良を行った結果、対話性の向上が図れた。検討したユーザインターフェースは、近い将来普及するであろう仮想現実感、人工現実感の基礎技術として活用できる。また、樹脂モデルの高精度化の見通しがつき、工芸品から工業製品までの幅広い領域の複雑な形状のサンプル試作が可能となり、活用する分野や業種の適用範囲が広がっていくと思われる。

尚、本システムは、地域システム技術開発事業の成果として(株)山梨県機械電子工業会を經由して(株)メイコーに技術移転し、形状モデリングシステム「名工」として製品化された。

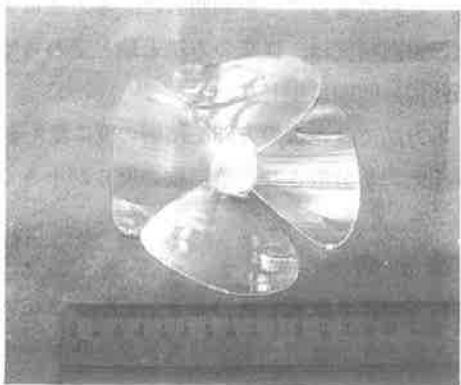
最後に、本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた山梨大学工学部 古川進助教授、同じく清弘智昭助教授、平川寛之技官、中京大学情報科学部 伊藤誠教授に感謝いたします。



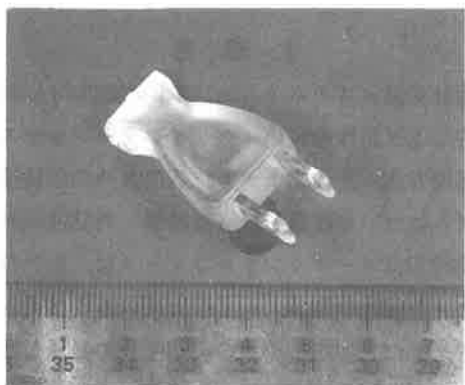
(a) ポットの造形例



(e) 指輪の造形例とそれを原型にした18金の指輪



(b) プロペラの造形例



(c) プラグの造形例



(d) トロフィーの造形例

図7. 造形例

#### 参考文献

- 1) 中島 俊他：山梨県工業技術センター研究報告, No.5  
p.2~6 (1991)
- 2) 清水誠司他：山梨県工業技術センター研究報告, No.6  
p.1~6 (1992)
- 3) 清水誠司他：第6回ニコグラフ論文集, p.298~307 (1990)
- 4) 阿部正人他：第7回ニコグラフ論文集, p.232~238 (1991)
- 5) 日商エレクトロニクス編：3SPACEシステムユーザーズマ  
ニュアル(4版), p.13~15 (1987)
- 6) 伊藤 誠他：最新CG用語解説(インターフェース別冊),  
p.12 (1991.9)

