

三次元金型設計製作のためのCAD/CAMシステム —形状モデリング及びNCテープ自動作成—

3-Dimensional CAD/CAM System for Mold and Die —Geometric Modeling and Automatic NC Tape Generation—

上西博文* Hirofumi Jonishi

家庭用電気製品や自動車用部品及び汎用製品などの意匠製品は、外形が自由曲面から成る複雑な形状をしているため、成形用金型の製作に多大の労力を要する。従来、この種の金型は主にならい加工で作られているが、この方法は加工精度、工数、費用などの点で欠点が多い。本システムの目的は、計算機を利用した三次元形状処理技術とNC加工技術を結び付け、従来方法の欠点を解決することにある。具体的には金型製作期間の短縮、デザイン性の質的向上、加工精度の向上といった効果が期待できる。

本稿では特に、本システム実用化の鍵となった複雑形状の計算機入力技術と、NC加工用の指令テープを自動作成する技術を中心に述べる。

1 緒 言

家庭用電気製品及び汎用製品の外装など、デザイン性が重視される製品分野では、時代の要求にマッチした製品を短期間に開発し、市場に出すことが重要な課題である。しかし、この種の製品の外観は、自由曲面を複雑に組み合わせたものが多いため、型製作に多大の労力を要している。従来、型製作のほとんどはならい加工によっていたが、この方法は加工精度、工数、費用などの点で多くの難点をもっていたため、NC(Numerical Control: 数値制御)加工に期待が寄せられていた。しかし、自由曲面から成る三次元形状を加工するためのNCテープを作るのは容易なことではない。本システムは、このような従来方法のもつ問題点を解決し、計算機利用によって成形用金型を短期間にかつ精度良く作ることを目的としたものである。機能的には、デザインからNC加工までのいわゆるCAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)全般をサポートするものであるが、現状では最も効果の大きいCAMの分野で主に利用されている。

2 システム構成

図1に示すように、本システムは大別して(1)形状モデル作成機能、(2)図面作成機能、(3)NCテープ作成機能の三つの機能から構成されている。(1)は対象とする三次元形状を計算機に入力し、計算機内部に形状の数式モデル(以下、形状モデルと記す。)を作成したり、またそれを修正したりする機能である。入力の手段としては言語を考え、本システム専用に形状記述言語を開発した。また製造工程では一般に図面が主要な情報伝達手段となっているから、形状入力のソースとしてはデザイナー、設計者が作成したスケッチ、デザイン図などの図面情報を考えている。この図面は必要な寸法が正確に記入されているものならば、ラフスケッチ程度でも十分である。(2)は計算機内部に作られた形状モデルを二次元図形に変換するもので、透視図、三面図、断面図などの形式で出力する。この機能は主に形状チェック、自動製図などに利用される。(3)は確認用モデル、放電加工用電極、成形用金型などをNC

工作機械で加工するためのNCテープを作成する機能である。これはカット送り速度、切削精度などの加工条件を指定すれば、計算機内部の形状モデルから工具経路を計算し、制御指令を紙テープに出力する。

現在以上の諸機能は、日立大形計算機HITAC M-180上に実現されている。プログラム規模は合計で約60kステップ(ほ

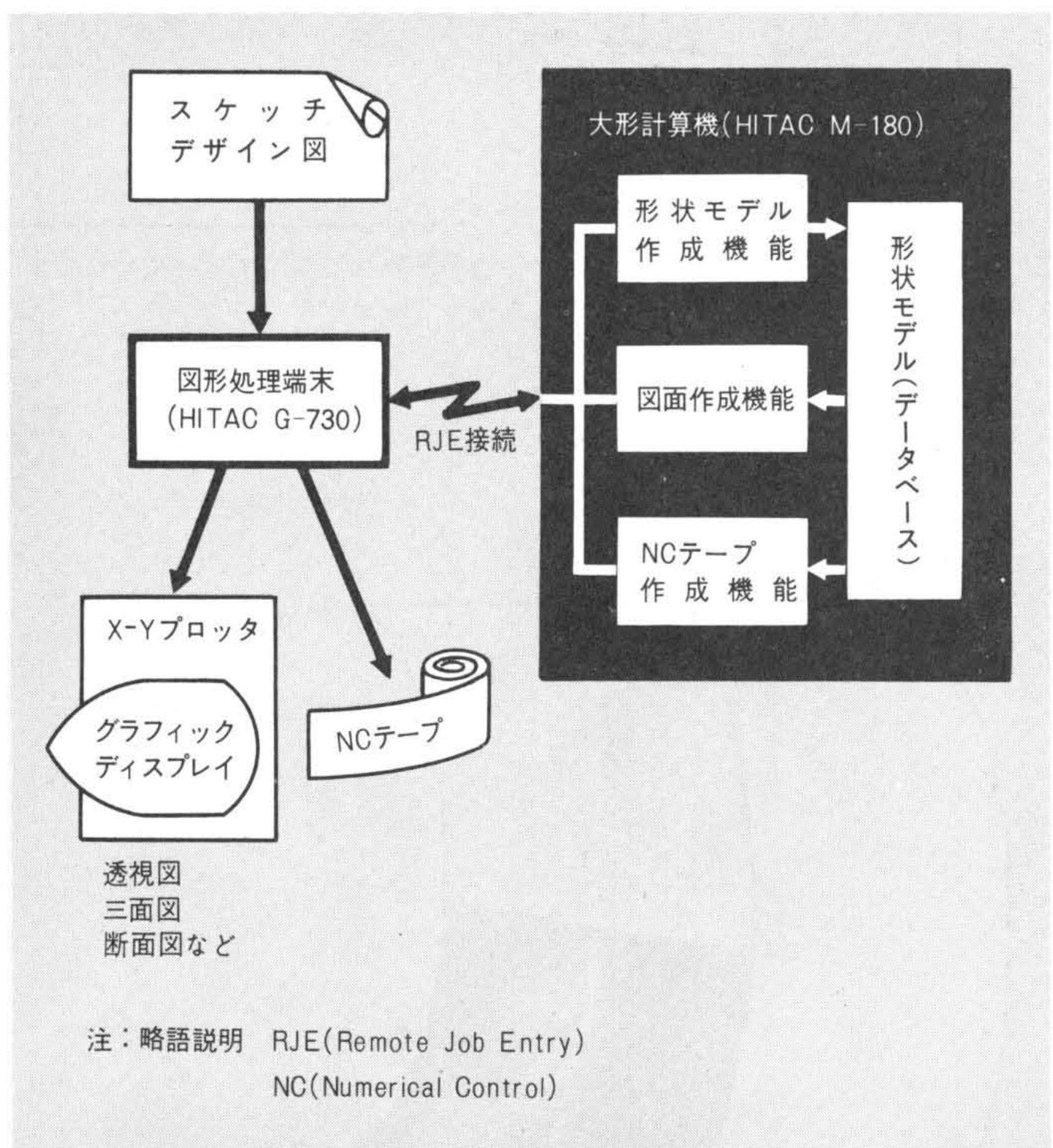


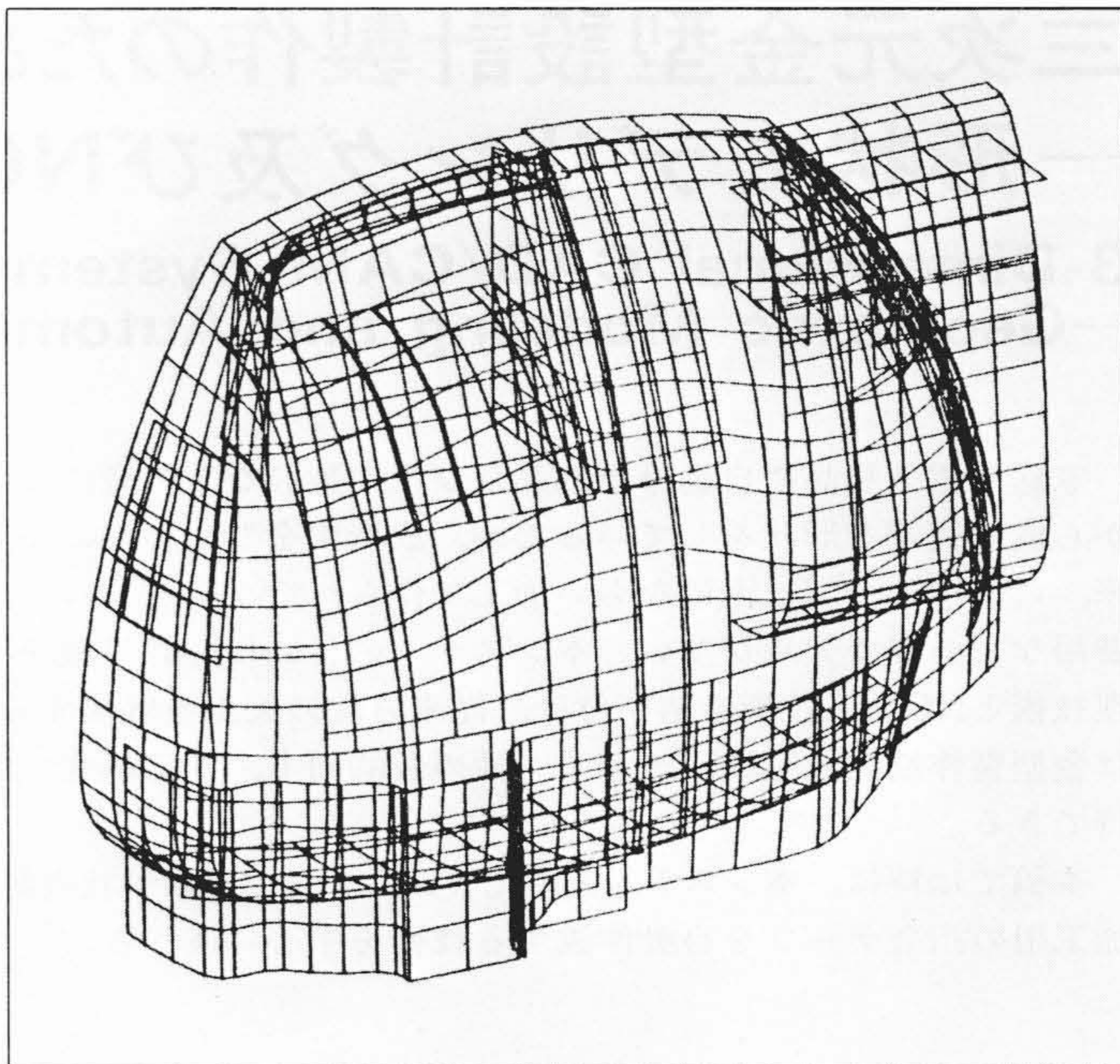
図1 システム構成 主要機能は大形計算機上で実現されており単独で利用可能であるが、図形処理端末を接続すれば、より応答性の良いシステムとなる。

* 日立製作所中央研究所

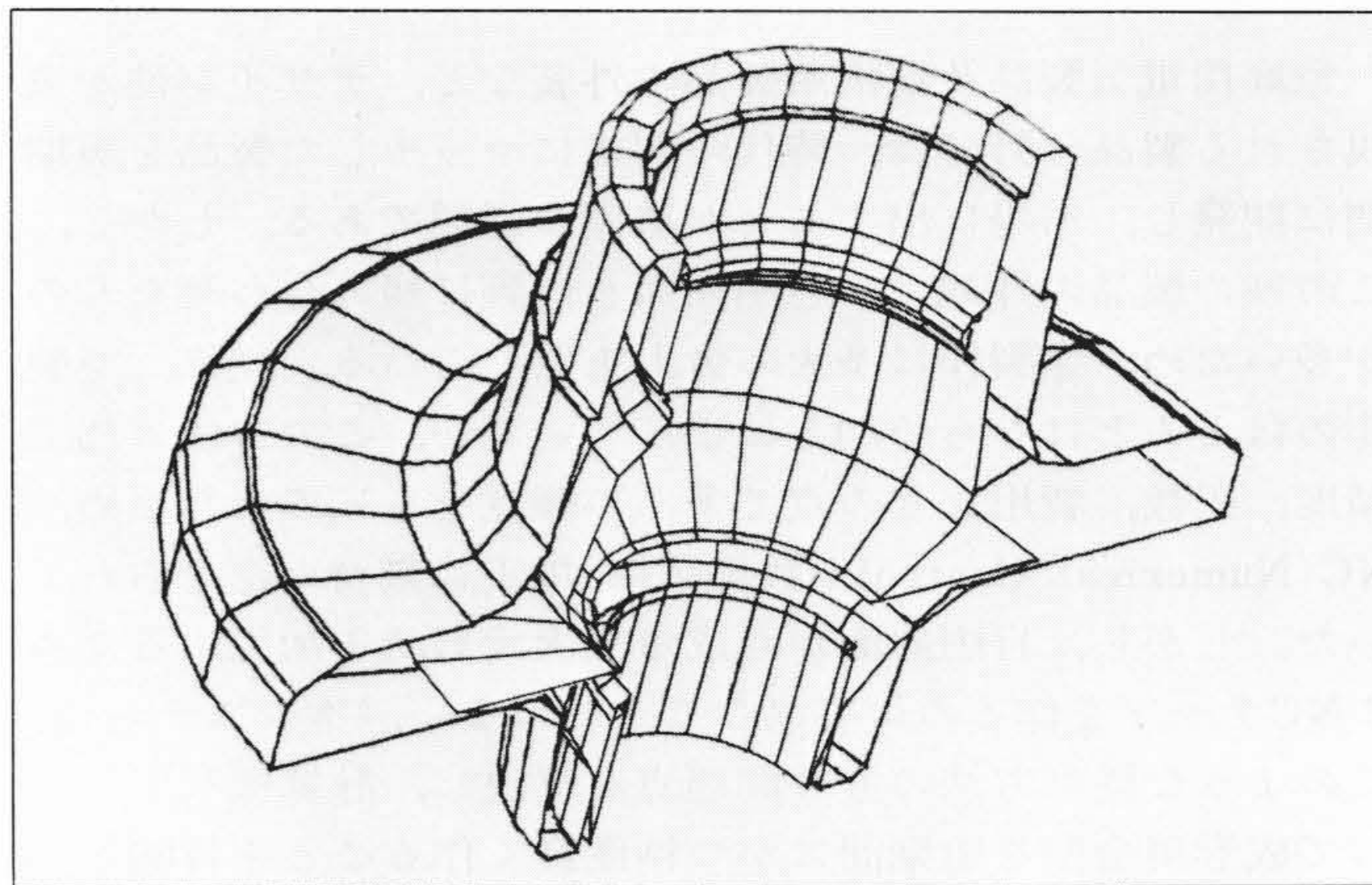
とんどフォートラン)であり、プログラム走行時の占有メモリは最大256kバイトである。またHITAC M-180に図形処理端末HITAC G-730をRJE(Remote Job Entry)接続すれば、計算結果を即時にグラフィックディスプレイに表示できるなど、入出力の能率化を図ることが可能である。以下、本システムを中心技術となっている形状モデル作成機能とNCテープ作成機能について述べる。

3 形状モデル作成機能

先にも述べたように、入力ソースはスケッチ、デザイン図などの図面情報である。図面にはハイライトラインとかキャラクターラインとか呼ばれるような三次元形状を特徴づける曲線が描かれている。したがって、この曲線を入力すれば計



(a) 電気掃除機



(b) 鋳物部品(陰線消去)

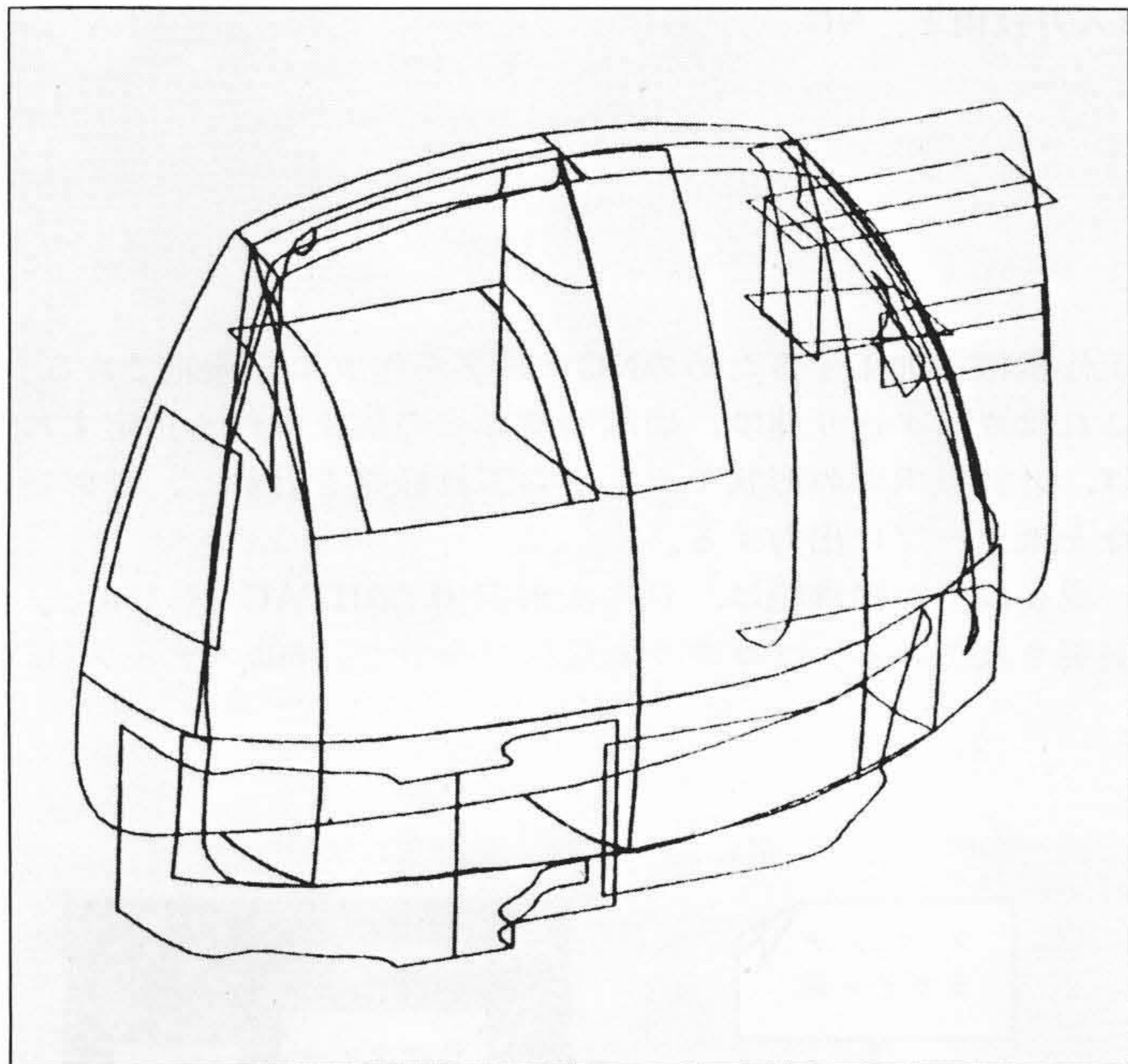


図2 電気掃除機の骨格モデル 三次元形状を規定する特徴的な曲線を入力することによって、計算機内部に骨格モデルを作る。

図4 鳥瞰図 骨格モデルに面を張った後、曲面をメッシュで表現して出力した。

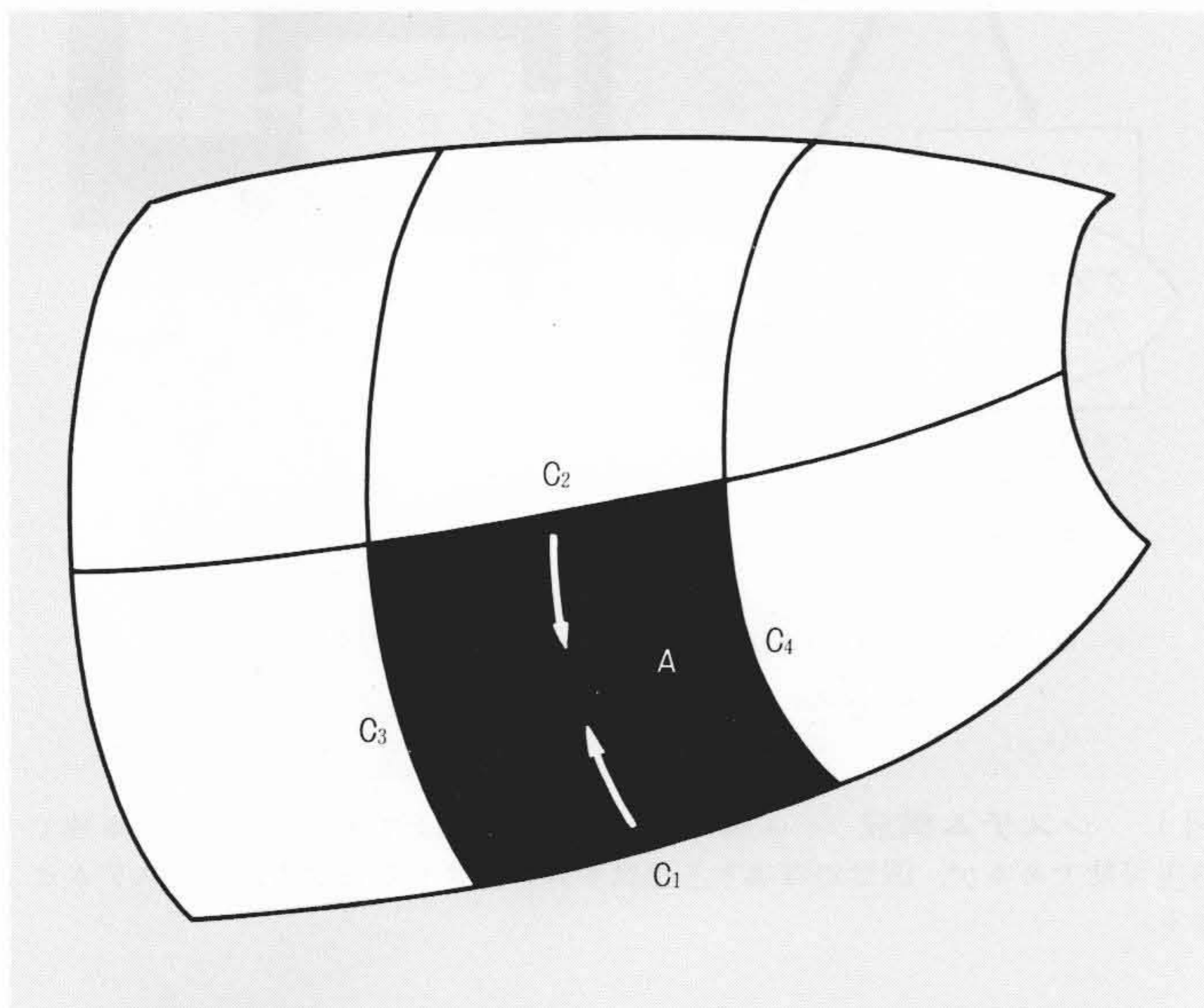


図3 曲面補間法 C_1 , C_2 を C_3 , C_4 に沿って変形移動し、荷重平均をとって曲面を創成する。

算機の中に三次元形状の骨格モデル(ワイヤフレームモデル)を作ることができる。図2は、電気掃除機の特徴的な曲線を入力して骨格モデルを作った例である。完全に三次元形状を表現するには、その表面形状を決定する必要があるから、この骨格モデルに曲面を張り付けて完全なモデルとする。このため、図3のA部分のように曲線で周りが囲まれている領域を取り出し、個々の領域で周囲の曲線情報を使って曲面を補間創成する。この際、別々に創成される曲面の接続部は、必要ならば C^1 クラスの滑らかさを保証しなければならない。

以上が本システムの形状モデル作成法の概要であるが、ここで大切な点は、デザイン意図を満足できる限り補間創成される曲面の面積はなるべく広いほうが望ましいということである。というのは、広い面積を補間できれば、骨格モデルを構成する曲線数を減らすことができ、形状入力の手間が少なく済むからである。このため、本システムでは独自の曲面補間法を開発した。基本的には図3に示すように、周囲の曲線 C_1 , C_2 を C_3 , C_4 に沿って変形移動し、荷重平均をとって曲面を作る方法である。変形移動操作に関してはCoons曲面¹⁾の場合、平行移動だけであるが、本方式では更に回転、拡大・縮

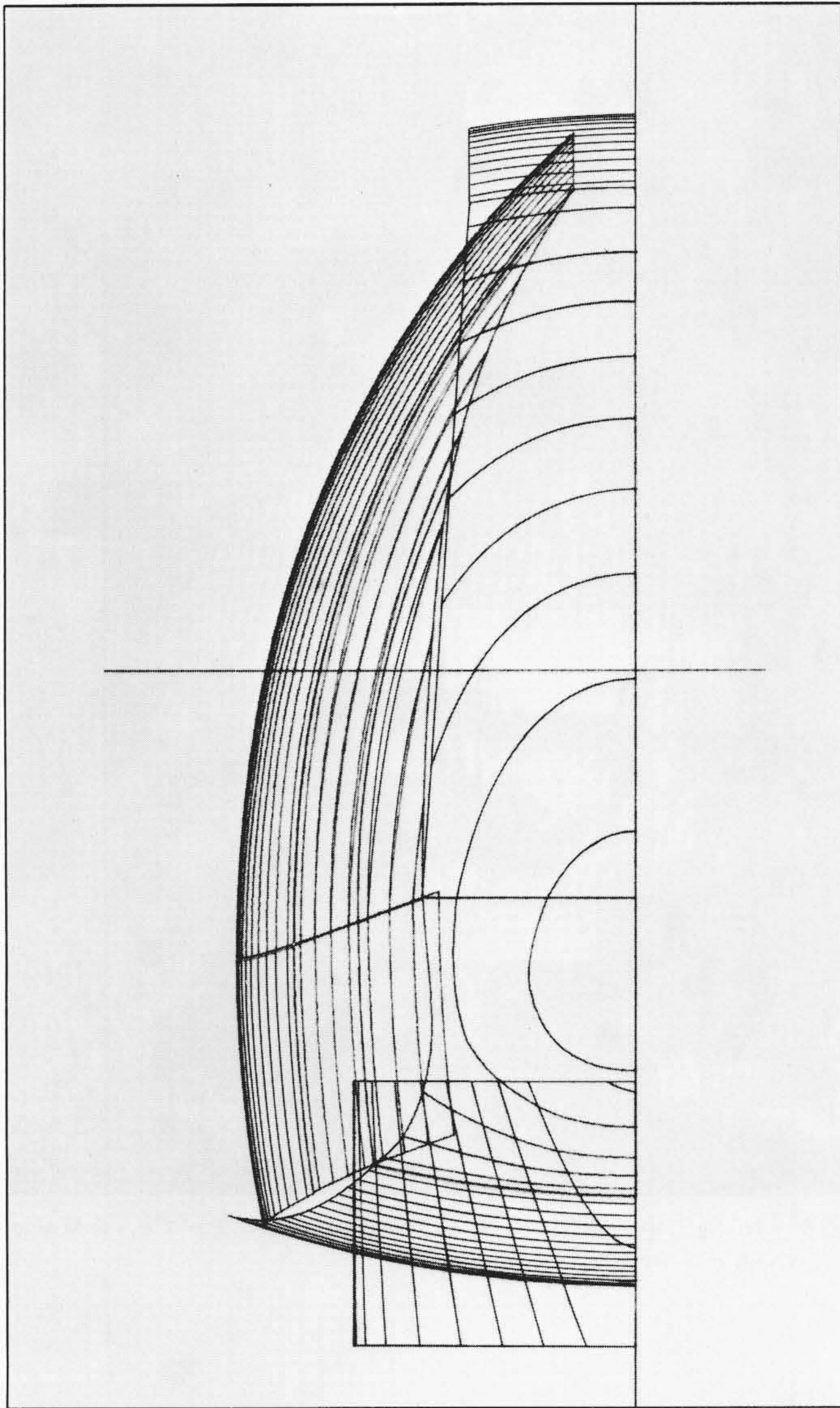


図5 電気掃除機の断面図 図4(a)の左半分の断面を5mmピッチでとったものである。主に形状デザインの確認のために使われる。

小などの各種線形変換を加え補間能力を増強してある。また各種の変形移動操作は、幾つかの典型的なタイプに分類してあり、デザイン意図に応じてユーザーが自由に選ぶことができる。図4(a)、(b)はこのような方法で曲面を張り付け鳥瞰図形式で出力した例である。また図5は、同様な方法で連続

的に断面をとった例である。

以上、形状モデル作成法について述べてきたが、これを能率的に行なうために専用の形状記述言語を用意してある。本言語は三次元形状の構成が記述できるように、(1) 曲線の記述及び定義、(2) 曲面の記述及び定義、(3) 曲面の結合指定の三つを基本として構成されている。更に、形状記述を容易にするための補助的機能や、作成した形状モデルを操作する機能なども備えている。図6に形状記述言語の概略構成を示す。従来この種のシステムでは、形状の入力が能率的に行なえない点がネックとなって、なかなか実用化が進まなかったわけであるが、以上の方法によってかなり改善され、実際の生産工程に適用して効果を上げることが可能となった。

4 NCテープ作成機能

本機能は確認用モデル、放電加工用電極、成形用金型などをNC工作機械で加工するための指令紙テープを出力するものである。入力データは、計算機内部の形状モデル以外にカット送り速度、カット径、切削精度などの加工条件が必要である。技術的にはカットが製品面に削り込む、いわゆるカット干渉の問題を解決することが大切である。カット干渉は、図7に示すように幾つかの曲面が組み合わさった部分で発生する。例えば、図7でそのまま曲面に沿ってカットを動かすと、カット半径分だけ製品面に削り込みを生ずることになる。これを避けるためには、カットが切削面以外の面と接触したら、その位置で動きを止めるようにしなければならない。これを自動的に行なう処理を干渉壁処理と呼ぶ。図7に示すような形状はごく一般的に現われるものであり、またカットの停止位置を人が指定するのは実際上不可能であることなどから、この機能は必須機能と思われる。技術的問題点は、製品面とカットの干渉を調べることにある。この問題は、製品面の形状が単純な場合には初等解析学に従って厳密に解くことも可能であるが、一般に自由曲面とした場合には初等解析学の範囲では不可能となる。このため、近似計算に頼らざるを得ない。通常考えられる方法は、製品面を多面体近似するとか、Newton法などを利用する方法であるが、いずれもそのまま利用すると処理速度、精度などの点で実用上問題となる。そこで本システムでは、次のような方法を開発した。まず干渉領域をマクロに把握するため、形状を分割し単純形状で覆って干渉を調べる。この方法を繰り返せば、二分法の原理と同様に、干渉のありそうな領域を狭めることができる。十分狭い領域に限定できたら、Newton法などの数値計算によって精密解を計算するといった方法である。この方法はマクロな手法

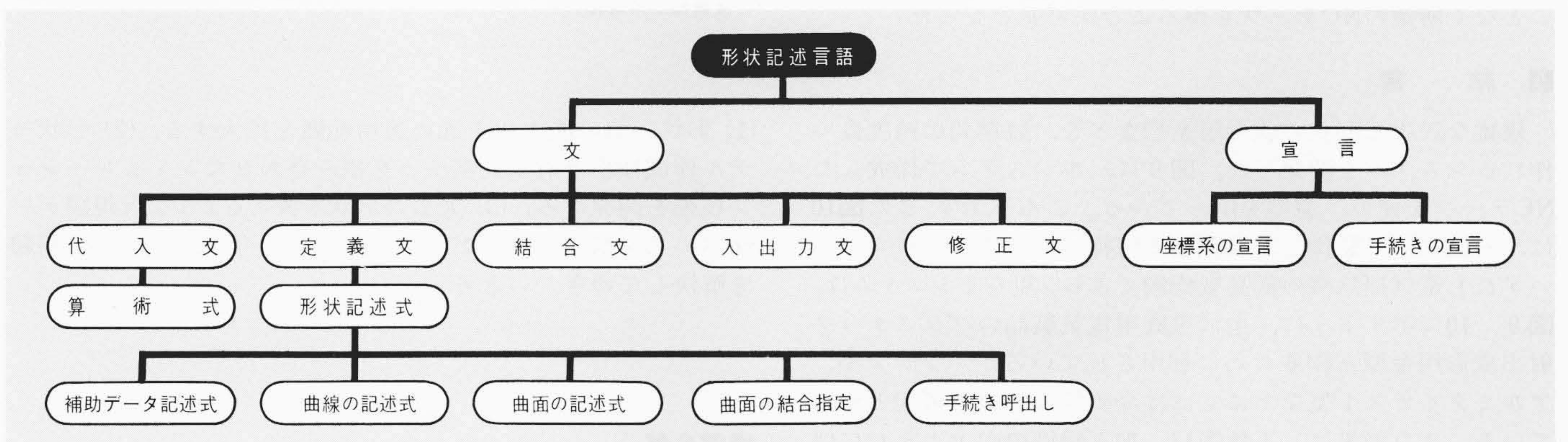


図6 形状記述言語の構成 骨格モデルの入力、曲面の創成などが能率的に行なえるよう、各種の命令が用意されている。

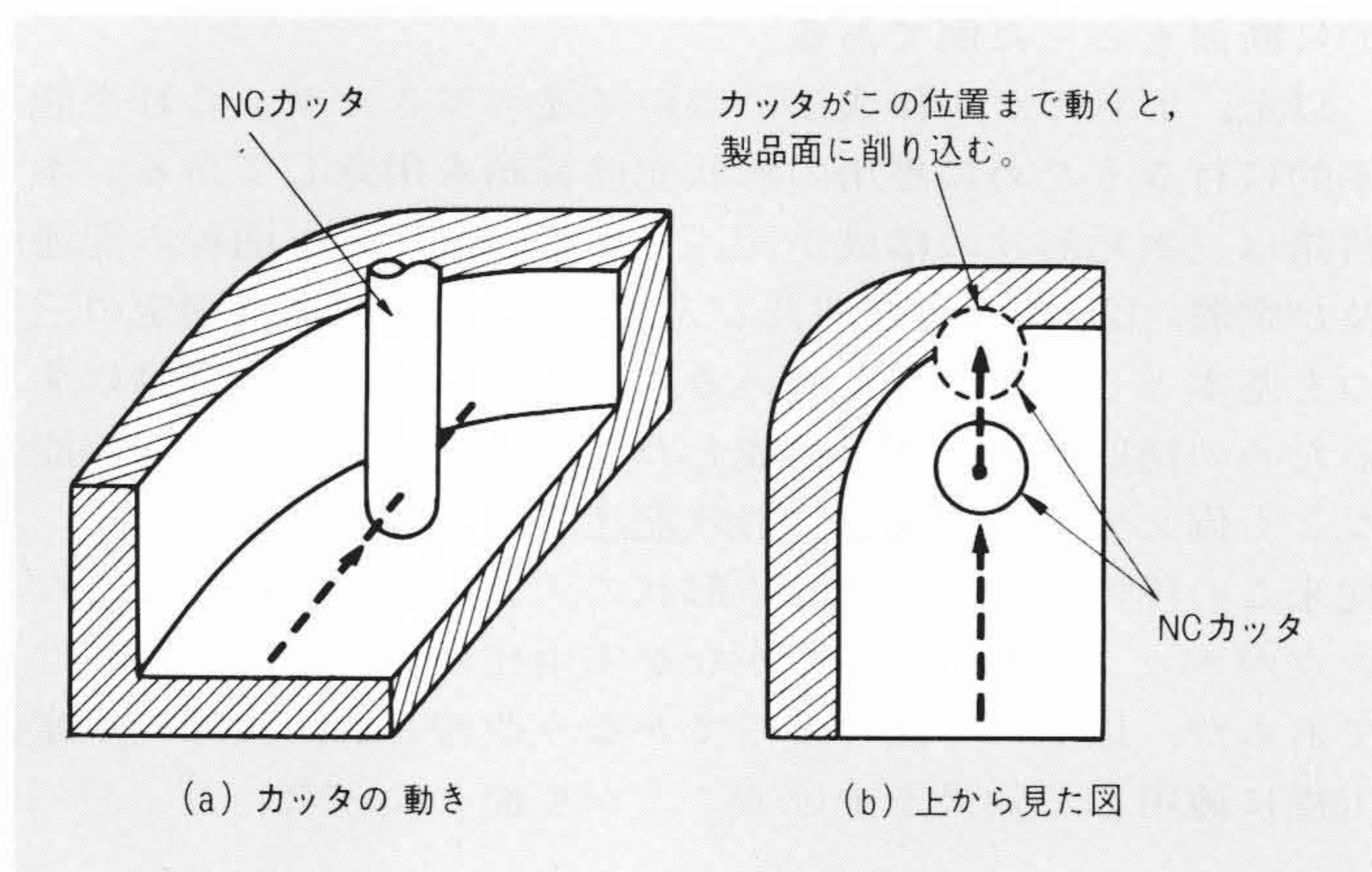


図7 カッタ干渉の例 曲面が組み合わさってできる形状をNC加工するには、カッタが製品面に削り込む、いわゆるカッタ干渉の問題を解決しなければならない。

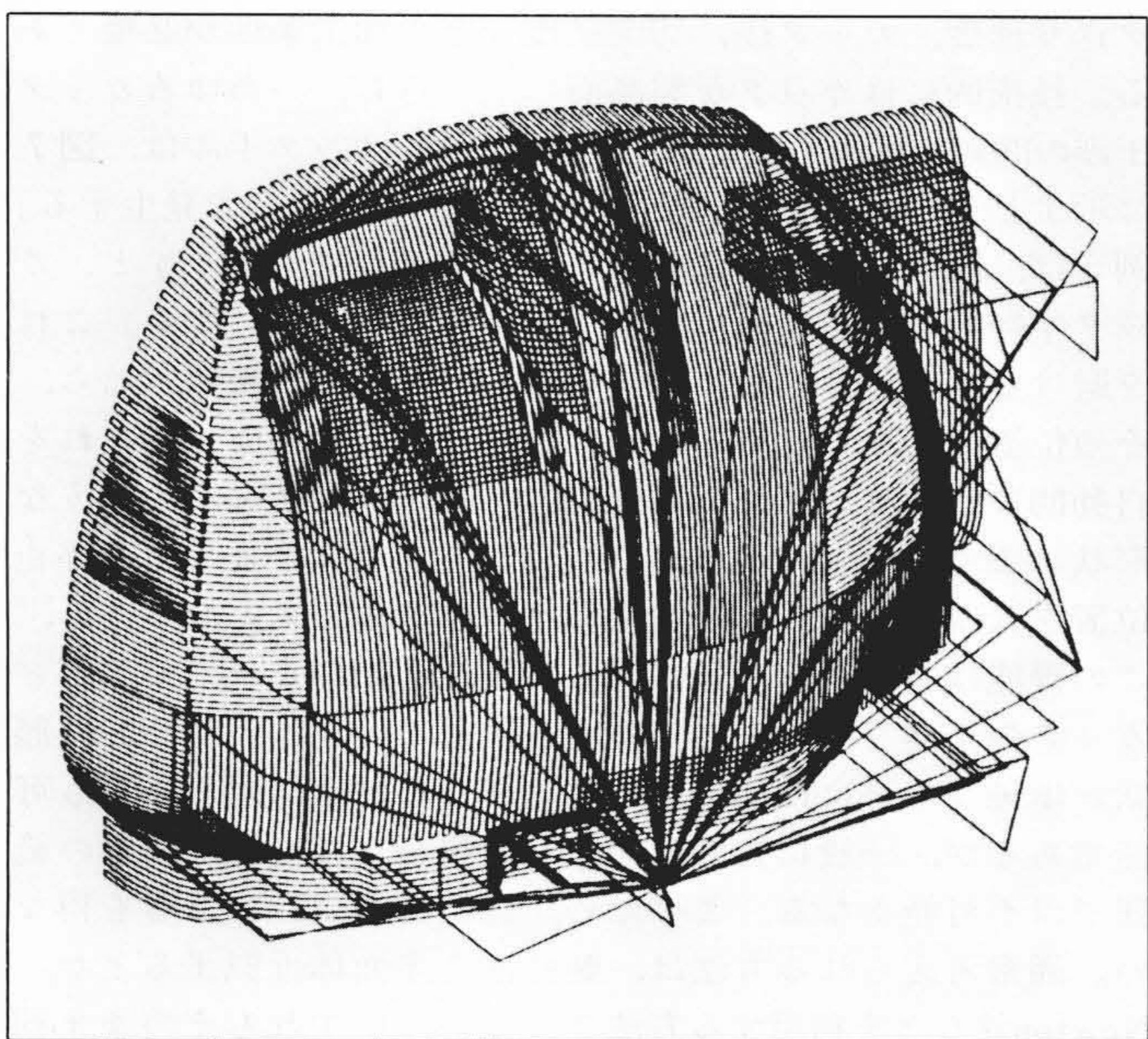


図8 カッタ軌跡例 計算機内部の形状モデルと加工条件からNCカッタの動きを計算し、NCテープを作成する。

とミクロな手法とを組み合わせたものであり、両者の計算量を適当にバランスさせることによって高速処理、高精度計算が実現できる。図8はこのような方法で計算したNCカッタの軌跡を示すものである。以上述べた方法によって、自由曲面を複雑に組み合わせた形状でも、ユーザーは煩しさを感じることなく所望のNCテープを得ることが可能となった。

5 結 言

複雑な三次元形状の成形用金型などを、短期間に精度良く作れるシステムを開発した。図9に、本システムで作成したNCテープを使い、金型を削っているところを示す。また図10は、同様にして製作した放電加工用電極である。これらは、いずれも電気掃除機の部品製作例である。現在本システムは、図9、10に示すように、主に家庭用電気製品のプラスチック射出成形用金型を作るために利用されているが、プレス型、アルミダイカスト型などにもほぼ今の構成で適用可能と考えている。また効果は、工数削減、加工精度の向上とそれに伴うプラスチック材料の節減などである。今後の課題としては、

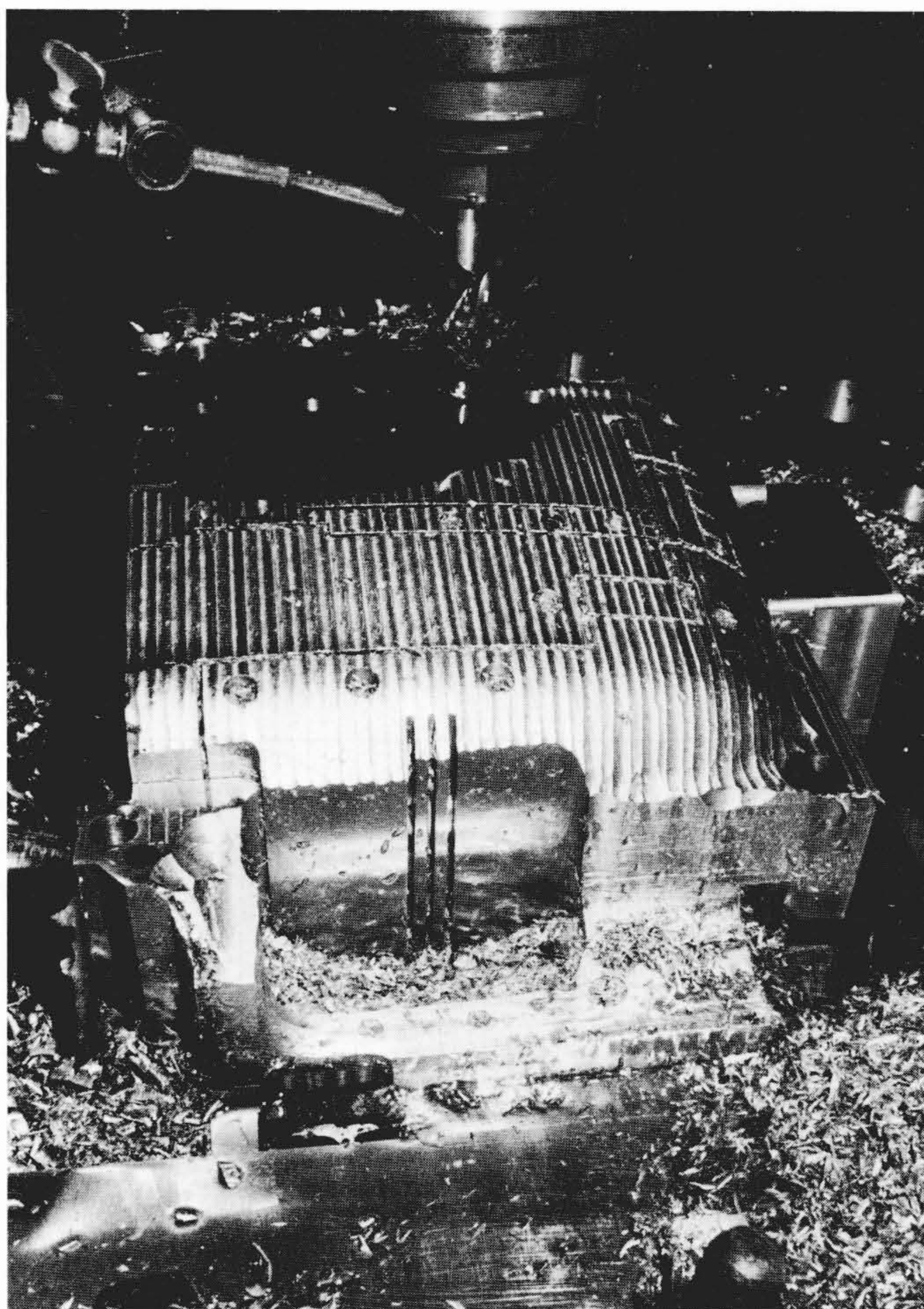


図9 NC加工中の金型 本システムで作成したNCテープで、金型を加工しているところである。

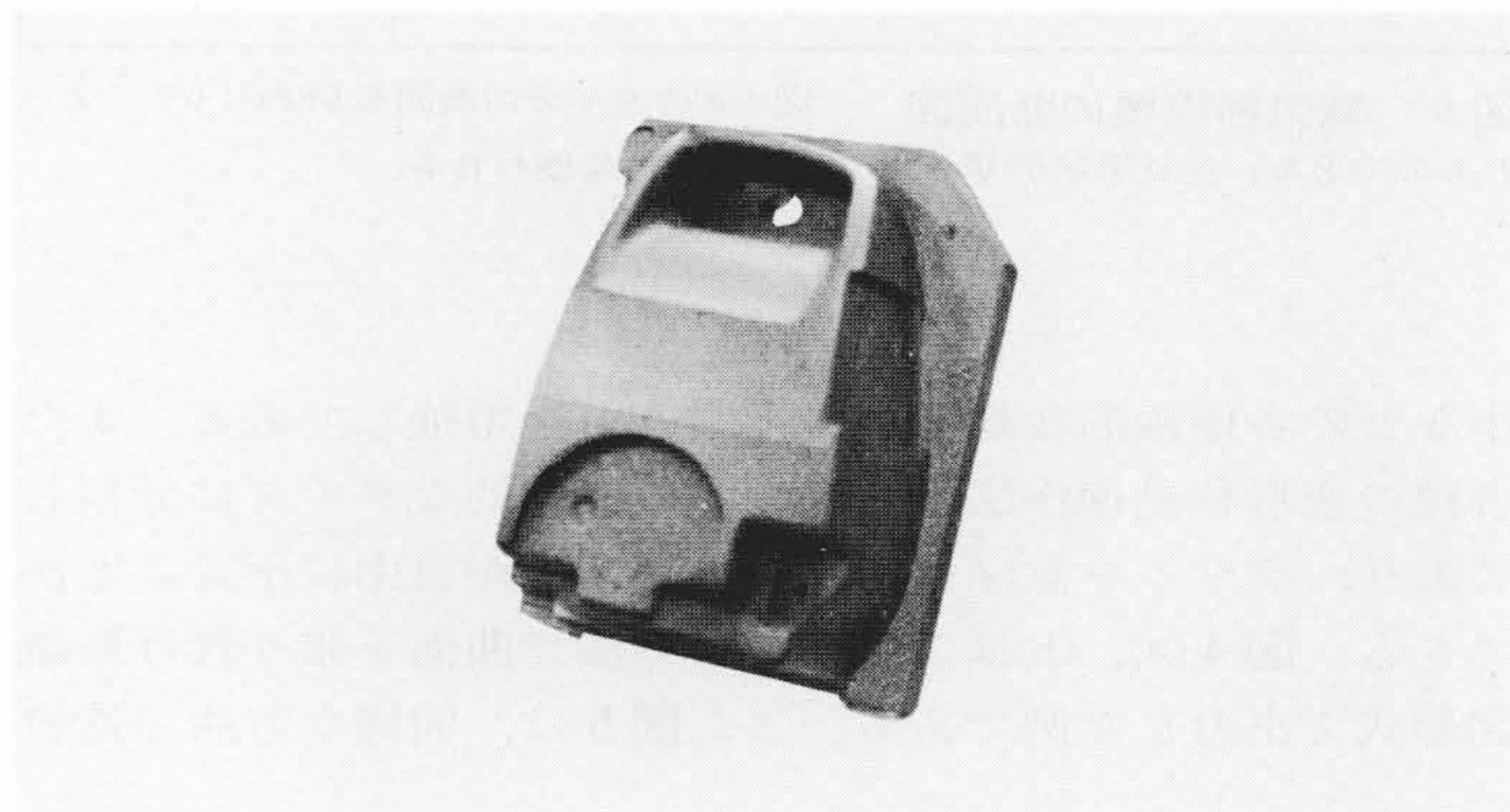


図10 放電加工用電極 本システムで作成したNCテープをもとに加工した放電加工用電極。

(1) 形状入力 of 能率化を進め適用範囲を拡大する、(2) 形状モデル作成技術と有限要素法とを組み合わせたシミュレーション技術を開発する、(3) 大量の形状を扱えるような大規模データベースを構築するなどが挙げられる。今後、これらの問題を解決してゆきたいと考える。

参考文献

- 1) 研野：自動設計法，コロナ社(昭44-7)