

3次元CADシステムHICAD/3Dと自由曲面加工システム

Hitachi Computer Aided Design System for 3D Geometry and Numerical Control System for Sculptured Surface

従来、機械設計CADシステムは製図を目的とした2次元システムが主流であった。この理由は、設計者が図面を設計情報の主要な表現手段としていたためである。しかし、最近、設計から製造までのCAD/CAM一貫システムを構築することによって、よりいっそうの効果を挙げようとする気運が高まってきた。これを実現するためには、設計・生産情報をコンピュータ内部にモデル化して持ち、多面的に利用できる3次元システムを中心としたCAD/CAMシステムが要求される。

そこで、3次元幾何モデルをベースにした設計支援システムHICAD/3Dを開発した。HICAD/3Dは、性能解析やNC加工システムと連動することによって、トータルCAD/CAMシステムの中核として位置づけることができる。

片岡秀雄* *Hideo Kataoka*
越智利夫** *Toshio Ochi*
徳増真司*** *Shinji Tokumasu*

1 緒言

近年、製造業界を中心に製品開発期間の短縮、製品原価の低減、製品精度の向上などを目的として機械設計用CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) システムの利用が盛んになってきた。

現在、普及している機械設計用CAD/CAMシステムは、製図のための2次元システムが主流である。この理由は、現在多くの設計者や生産技術者が図面を設計・生産技術情報の主要な表現手段、伝達手段としているためである。

しかし、設計から製造までを一貫したCAD/CAMシステムとしてトータル効果を上げるためには、途中で人の解釈を必要とする図面を媒体とするよりも、製品形状に対応する形状モデルを計算機内部に構成し、それに基づいて各種設計業務が遂行でき、また性能計算や製造情報として活用できることが望ましい。

このような目的のために、GRADAS (Graphics System for Design and Manufacturing Assistance) ソフトウェア製品として、3次元設計システムHICAD/3D (Hitachi Computer Aided Design System for 3D Geometry) を中心に自由曲面加工システムHICAD/NCS (HICAD/Numerical Control for Sculptured Surface)、構造解析システムHICAD/FEM (HICAD/Finite Element Method) を開発した。

本稿ではHICAD/3Dの開発思想、特徴及びHICAD/NCSを含めた機能、適用例について述べる。なお、HICAD/FEMについては本特集で別途報告する。

2 HICAD/3Dの開発思想

3次元設計システムは、計算機内部に対象製品の形状モデルを生成し、それを設計者が理解できる外部表現で表示し、それらに各種の図形処理が加えられ、性能計算やNC (Numerical Control) 加工への自動入力とすることが必要である。そのため、2次元の設計・製図システムに比べ、形状の入力、操作、処理及び表示方法などのはるかに複雑で高度な技術が要求される。

そこで、3次元システムの開発に当たっては以下の事項を考慮した。

- (1) はん(汎)用的なモデリング機能
 - (a) ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドのいずれのモデルも表現でき、必要に応じて使い分けられること。
 - (b) 各モデルは互いに有機的な関連がとれるようなデータ構造にすること。例えば、完全に閉じたサーフェスモデルはソリッドモデルとして取り扱えるようにする。
- (2) 立体感のある表示機能
表示された形状に立体感を出すために、カラー表示、等高線、輪郭線の表示、隠れ線・隠れ面消去などができること。
- (3) 3次元形状入力可能な対話機能
 - (a) 画面を見ながら3次元形状を対話形式で入力できること。
 - (b) 形状操作を容易にするために画面4分割作画ができ、また、形状変化は全画面に同時反映ができること。
- (4) CAD/CAM一貫システムの実現
3次元システムで作成した形状からNCテープの作成や構造

* 日立製作所ソフトウェア工場 ** 日立製作所ソフトウェア工場 工学博士 *** 日立製作所日立研究所 工学博士

解析用データの作成ができ、また、設計・製図システムとの関係によって図面の作成が容易にできること。

3 システムの特徴

HICAD/3Dの主な特徴は、複雑な3次元モデル形状の作成や検討がディスプレイ上で対話的にできること、作成した形状データを性能解析やNC加工システムに自動的に渡せることである。ここでは、HICAD/3Dのモデリング機能とシステム機能の特徴について述べる。

3.1 モデリング機能の特徴

HICAD/3Dのモデリングは、ワイヤフレーム、サーフェス及びソリッドの3種類があり、これらを一体として取り扱う点に特徴がある。各モデリング手法の分類と作成手順について図1に示す。

ワイヤフレームによるモデリングは、空間に線分を配置して線分間の交点を求め、不要な部分を削除して目的の形状を作成する方法である。サーフェスモデリングには、平面や曲面を定義し、面操作処理を加えて目的形状を作成する方法と

手 法	モデリング手順	手 順 説 明 図 (例)
ワイヤフレームモデル	基本線素から立体のワイヤフレームを作る。	線素を定義 → 追加 → 加工
サーフェスモデル	基本面素の接続で立体を張る。	形状イメージ → 構成面分割 → 曲面創成
ソリッドモデル	基本立体の組み合わせで立体を作る。	配置 → A+B → A+B-C

図1 モデリング手法の分類と作成手順 HICAD/3Dのモデリング機能として、ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドの3種類がある。

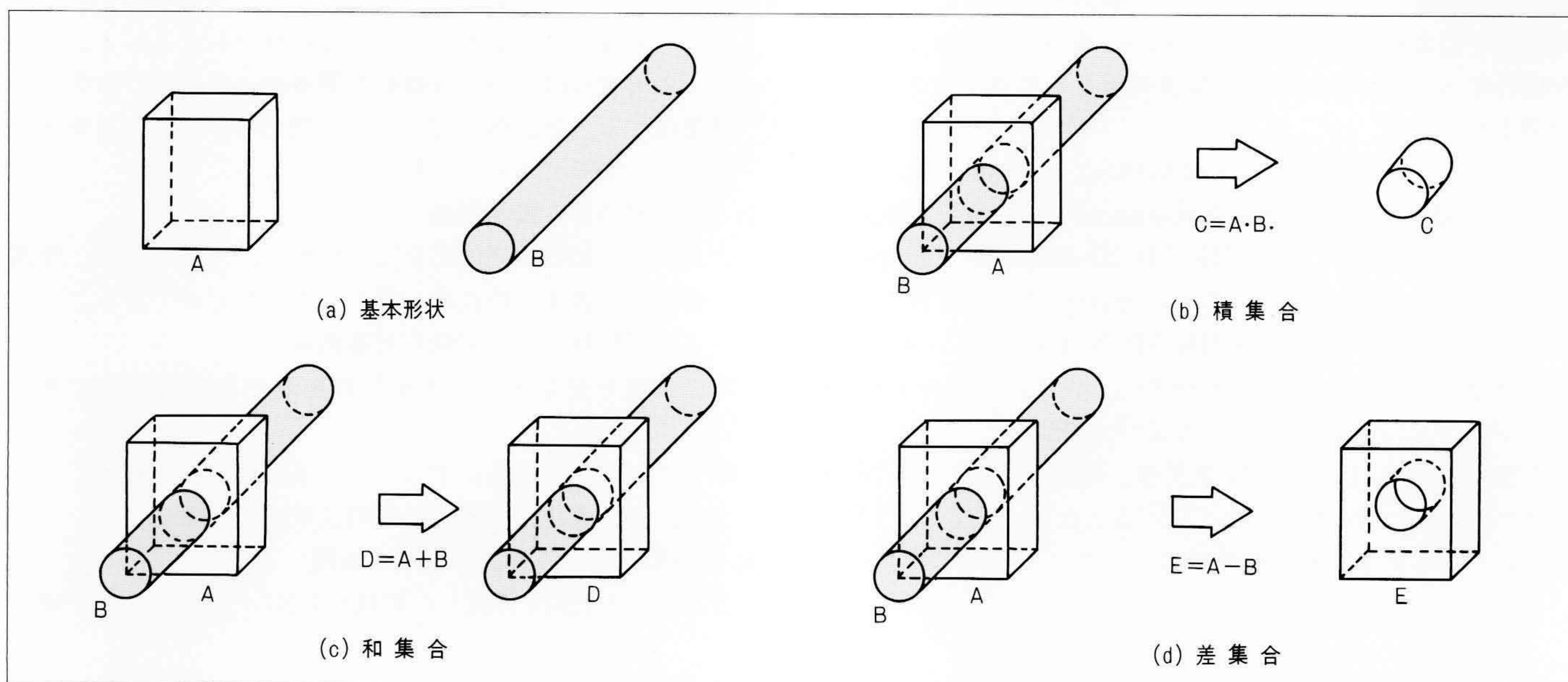


図2 集合演算の基本パターン 基本形状から集合演算を加えてゆき、複雑な形状を表現することができる。

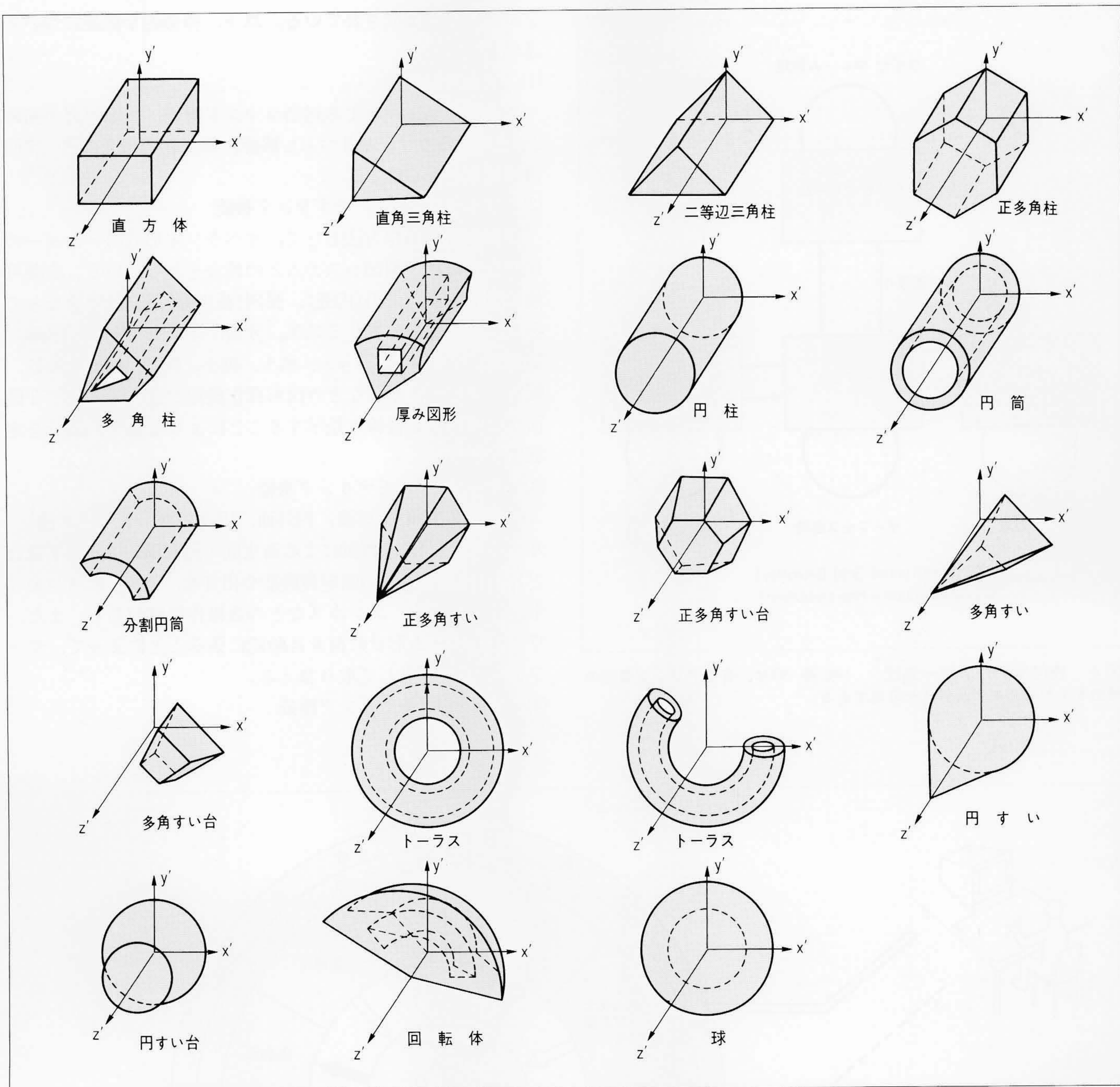


図3 ソリッドモデルの基本形状の例 ソリッドモデリングでは、本図に示すような基本形状を組み合わせて(集合演算)あらゆる立体モデルを表現する。

ワイヤフレーム形状に面を張る方法とがある。これらの方法は閉じた形で立体形状を表現していないため、断面や干渉面を求めたり、面積・体積計算などには不向きであるが、モデリングは容易であり、取り扱える形状は広範囲である。また、ソリッドによるモデリングは直方体、円柱、円すい、球、トーラスなどの基本立体を定義し、空間に配置して立体間の集合演算により目的とする形状を作成する方法である。集合演算とは3次元空間を集合論的に取り扱うものであり、図2に示すように、二つの立体間の和集合、差集合及び積集合を求めることができる。

ソリッドによるモデリング方式は、モデルを構造的に記述するCSG(Constructive Solid Geometry)方式と、境界と面を表現するB-Reps(Boundary Representation)方式がある。

HICAD/3Dには次の二つの機能がある。一つは、ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドのモデリングを一体のものとして取り扱うことができるように、コマンドレベルのCSG記述をB-Repsに変換する機能である。他の一つは、ワイヤフレームモデルに面を張り、3次元空間の部分集合を定義してソリッド化する機能である。CSG記述はすべて図3に示した基本立体がベースとなる。自由曲面形状を含む立体は、後者のワイヤフレームに面を張る方法で生成される。各モデルの定義とモデルの関係を図4に示す。

3.2 システムの特徴的な機能

HICAD/3Dは図5に示すように、画面对話機能、ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドの各モデリング機能、形状データ管理機能、形状特性計算機能及び他システムとのインタ

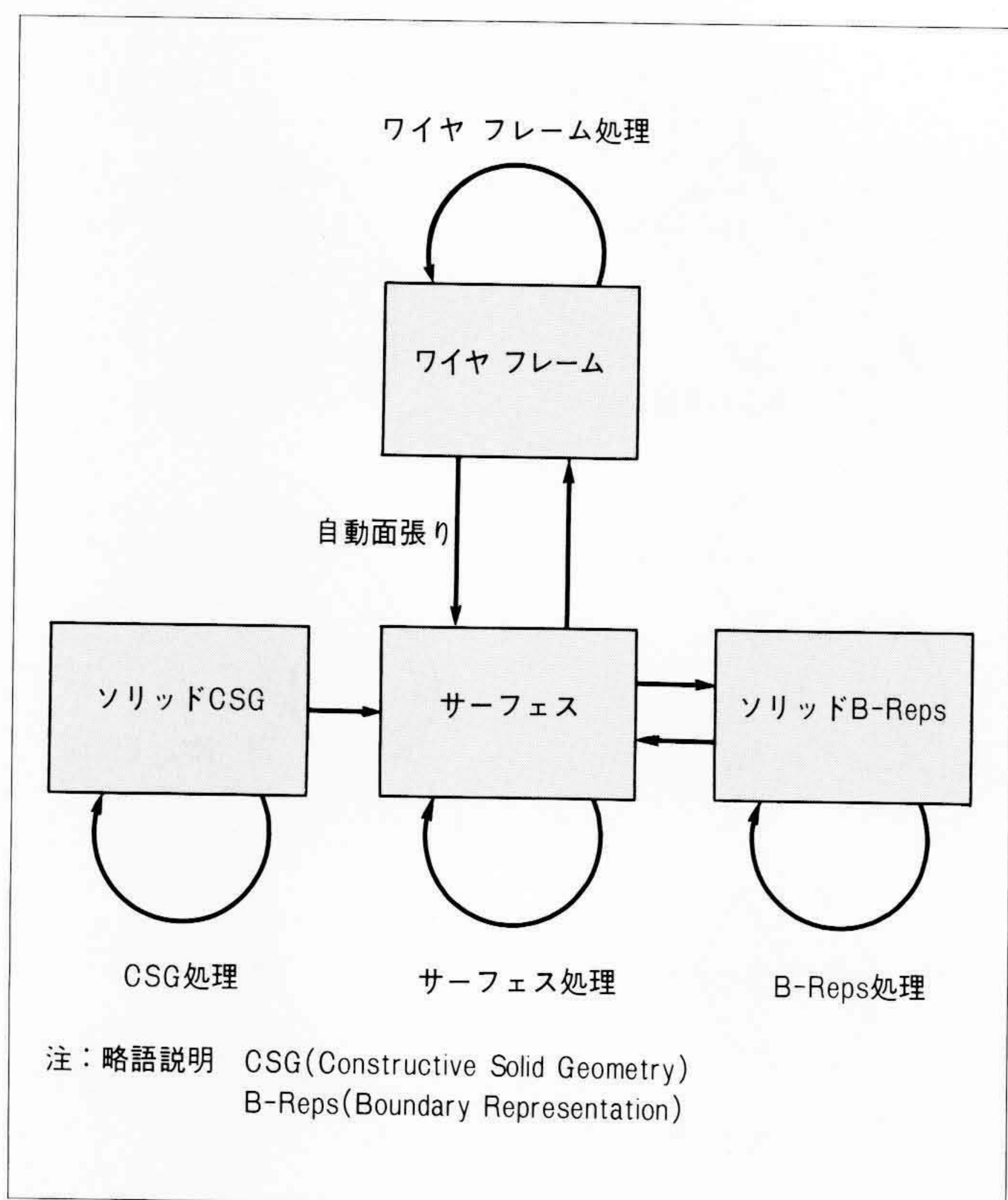


図4 幾何モデルの統一処理 HICAD/3Dは、各モデリング機能の特徴を生かしたモデル作成が可能である。

フェースから構成されている。以下、特徴的な機能について述べる。

(1) 画面对話機能

日本語メニューによる対話コマンド機能，表示図形の同時256色によるカラー塗りつぶし機能，誤操作の場合のデータ回復機能などから成る。

(2) ワイヤフレーム モデリング機能

図形定義，操作方法として，オペランド形式のメニューの採用など設計・製図システムとの整合をとっている。定義可能な図形は直線，円(円弧)，長円(長円弧)，自由曲線などであり，また線分のトリミング，分割，オフセット，角処理，辺処理，プロジェクション，拡大，縮小，移動，回転，反転，配置，コピー，削除などの図形操作機能がある。また，3図面から相対する稜線を指示することにより空間上の線分を定義する。

(3) サーフェス モデリング機能

平面，2次曲面(球面，円筒面，円すい面，トーラス面)，ルールド面(曲線の移動による面生成・回転面，スイープ面など)，自由曲面などの面定義機能や相貫線，輪郭線，オフセット，フィレット，エンボスなどの面操作機能がある。また，ワイヤフレーム形状に面を自動的に張ることによって，サーフェス モデルとして取り扱える。

(4) ソリッド モデリング機能

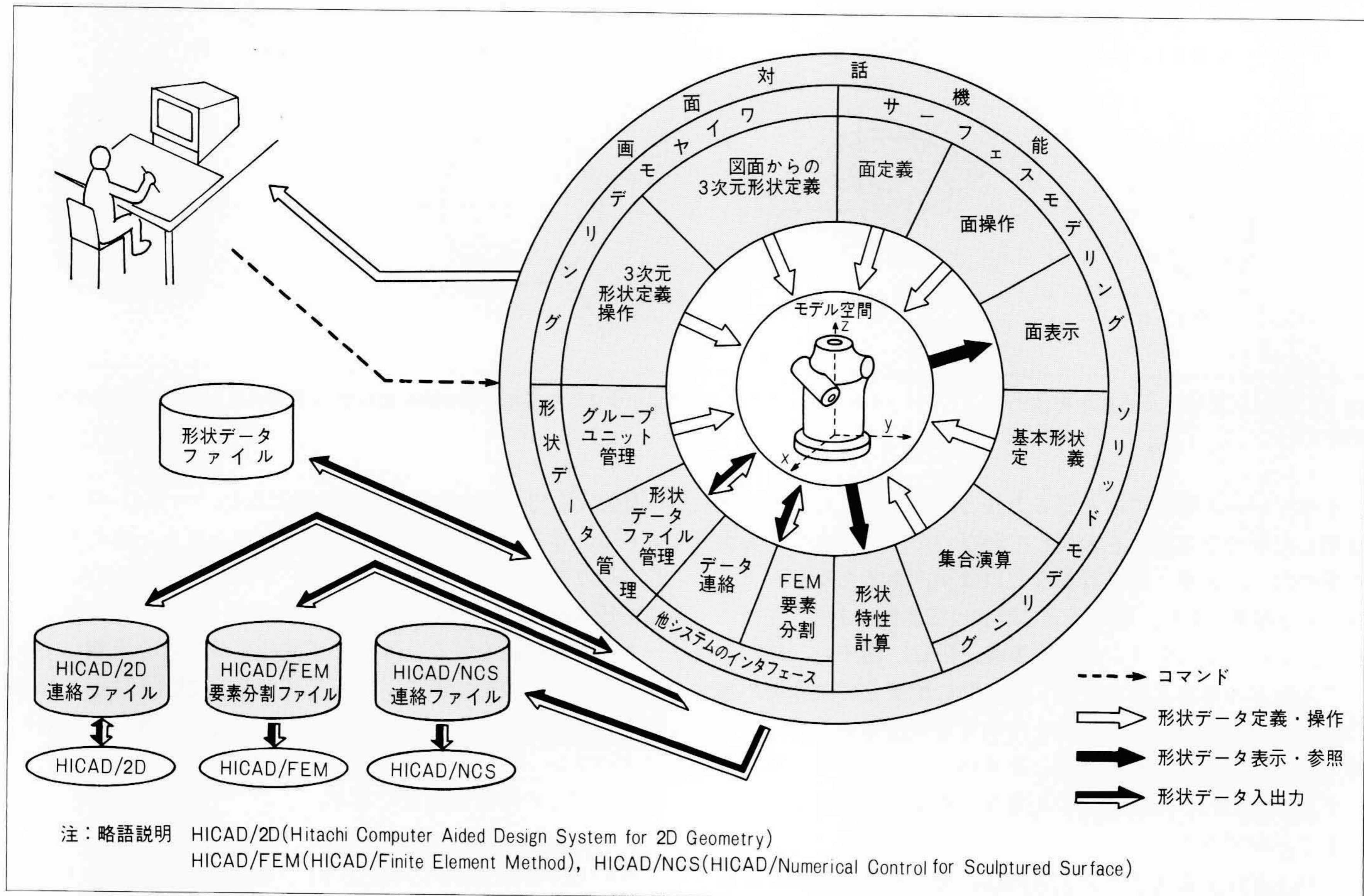


図5 HICAD/3Dの機能 HICAD/3Dは、画面对話機能，ワイヤフレーム，サーフェス，ソリッド モデリング機能，形状データ管理，形状特性計算及び他システムのインタフェースから構成されている。

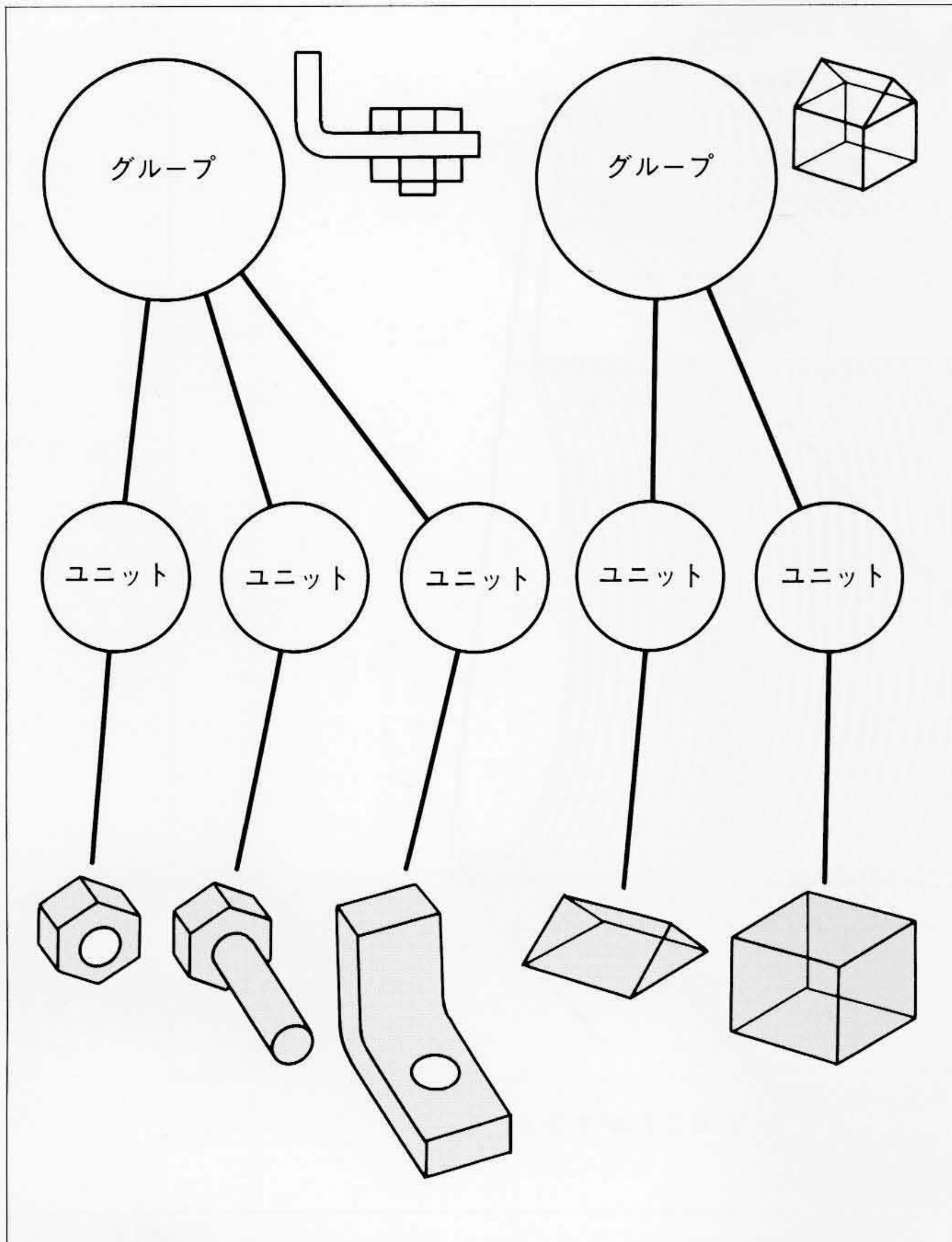


図6 グループ、ユニットの構造 グループは製品に、ユニットは部品に対応づけて処理することができる。

直方体、三角柱、多角柱、円柱、円筒、角すい、円すい、球、トーラス、回転体など19種の基本形状の定義と集合演算ができる。

(5) 形状データ管理機能

モデルの形状は、図6に示すように、グループ(製品レベル)、ユニット(部品レベル)の階層構造で管理される。グループ及びグループの集まりは形状データファイルに保存できる。

(6) 他システムとのインタフェース

HICAD/3Dで作成した形状データは、図5に示したようにHICAD/2D、FEM、NCSなどに連絡ファイルを中継して渡すことができる。また、HICAD/2Dで作成した3面図データも同様に連絡ファイルから入力することができる。更に、ユーザーシステムや他社3次元システムとのインタフェースとしてIGES(Initial Graphics Exchange Specification)仕様のデータ変換機能の開発をほぼ完了している。

HICAD/3Dで作成したモデルの表示例を図7に示す。

4 自由曲面加工システム“HICAD/NCS”

HICAD/NCSは、HICAD/3Dで作成したサーフェスモデルから自由曲面加工用のNCテープを作成するシステムで、次のような機能を持つ。

(1) 工具経路の作成機能

3次元形状モデルに、ボールエンドミルのカット半径、カット速度、加工精度などの切削条件とカットの動作方向を与

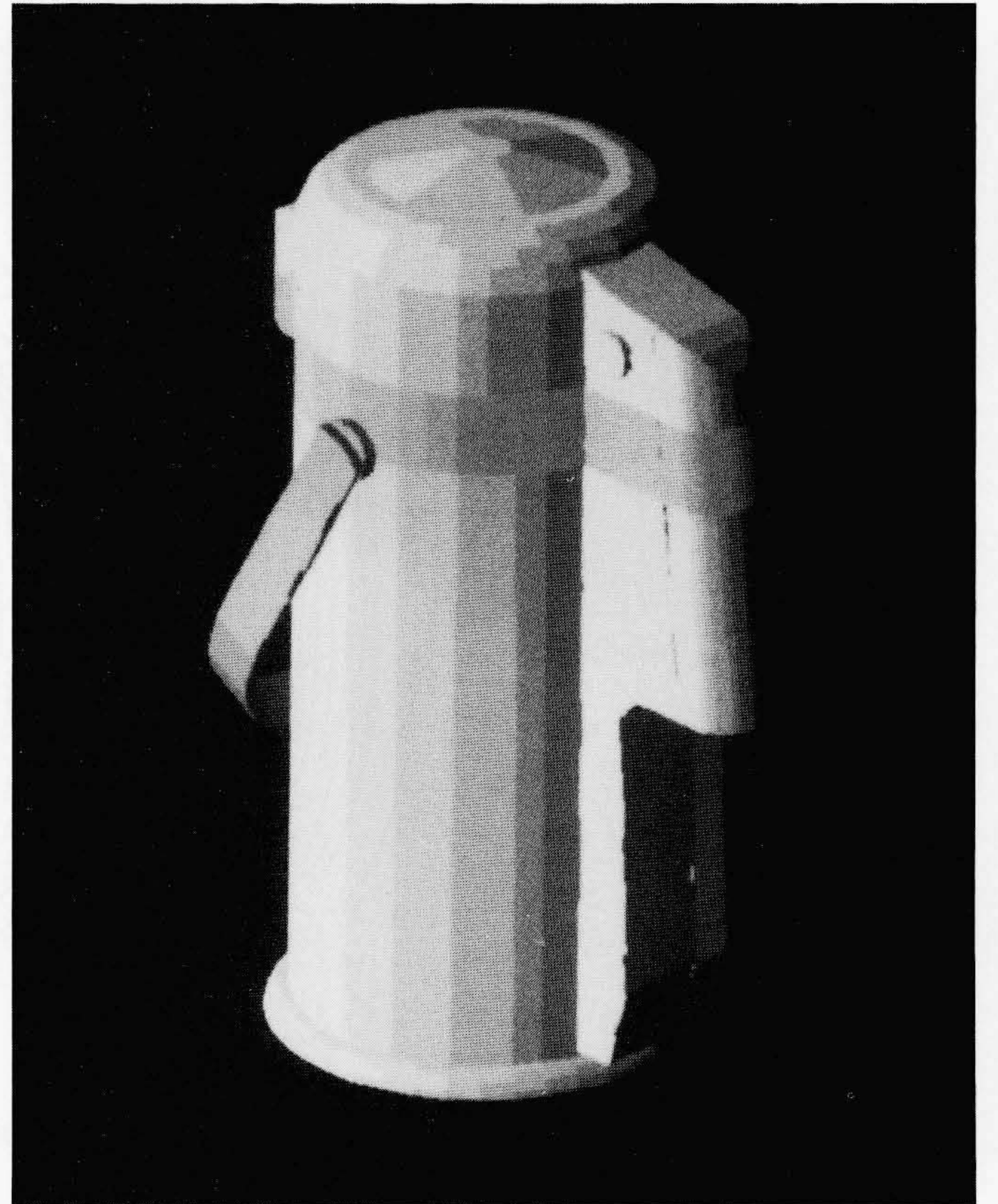


図7 HICAD/3Dによるソリッドモデルの表示例 上部、本体部、取っ手部分に分けて、ワイヤフレームモデルで骨組みを作り、それに曲面を張り、各部間をフィレットなどで滑らかに接続して作成する。

えることによって、図8に示すような工具経路を自動的に計算する。したがって、複雑な自由曲面加工用のNCプログラム作成が容易にできる。

(2) カッタ干渉の回避機能

複数の曲面形状が複雑に組み合わされたモデルも、加工対象となる曲面と干渉している曲面を指示するだけで、カッタ干渉を回避する処理を自動的に行う。カッタの干渉とは、図9に示すように、カッタが製品面に削り込みを起こす現象で、複数の曲面が組み合わさった部分で発生しやすい。そこで、この干渉を回避するために、図10に示すように切削面、干渉壁となる面の両曲面に対して、カッタ半径分をオフセットした面を考えオフセット面間の相貫線を求める。そして、この相貫線の位置で、カッタ中心を止めるような工具経路を発生させることによって、カッタ干渉を回避する。

(3) 工具動作の確認修正機能

工具経路をグラフィックディスプレイ画面に表示し、任意の方向から経路を確認できる。不具合な部分があれば、工具経路を対話形式で編集できるため、NC工作機による試し切削の工数を削減できる。

HICAD/NCSは、以上のような機能があるため、NC用のプログラム言語の知識がなくてもNCテープ作成が可能である。

5 結 言

3次元形状モデルを中心にした計画設計、意匠設計、詳細

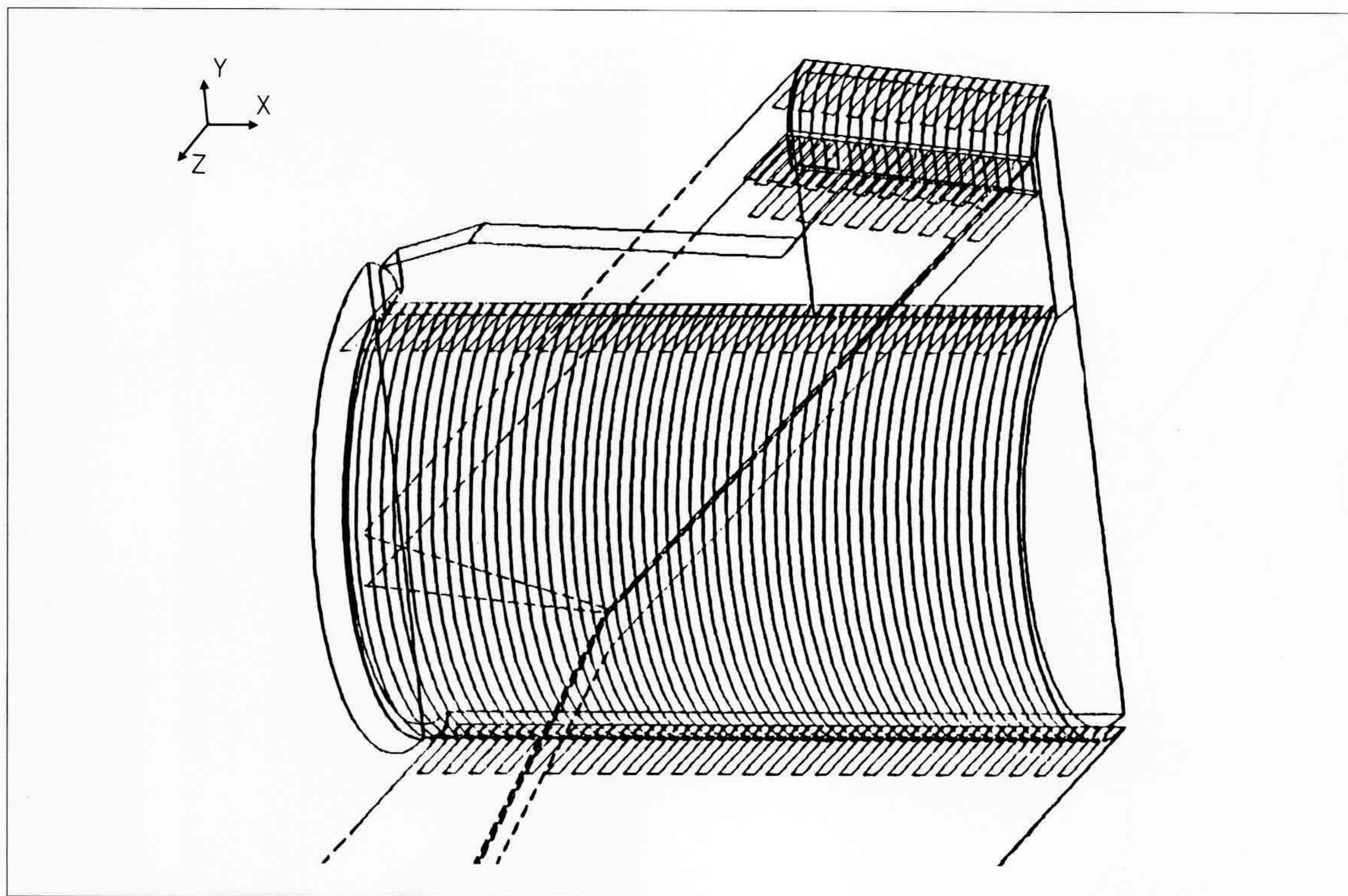


図8 工具経路の例 工具軌跡を画面に表示してNC機械の動作をチェックすることができる。

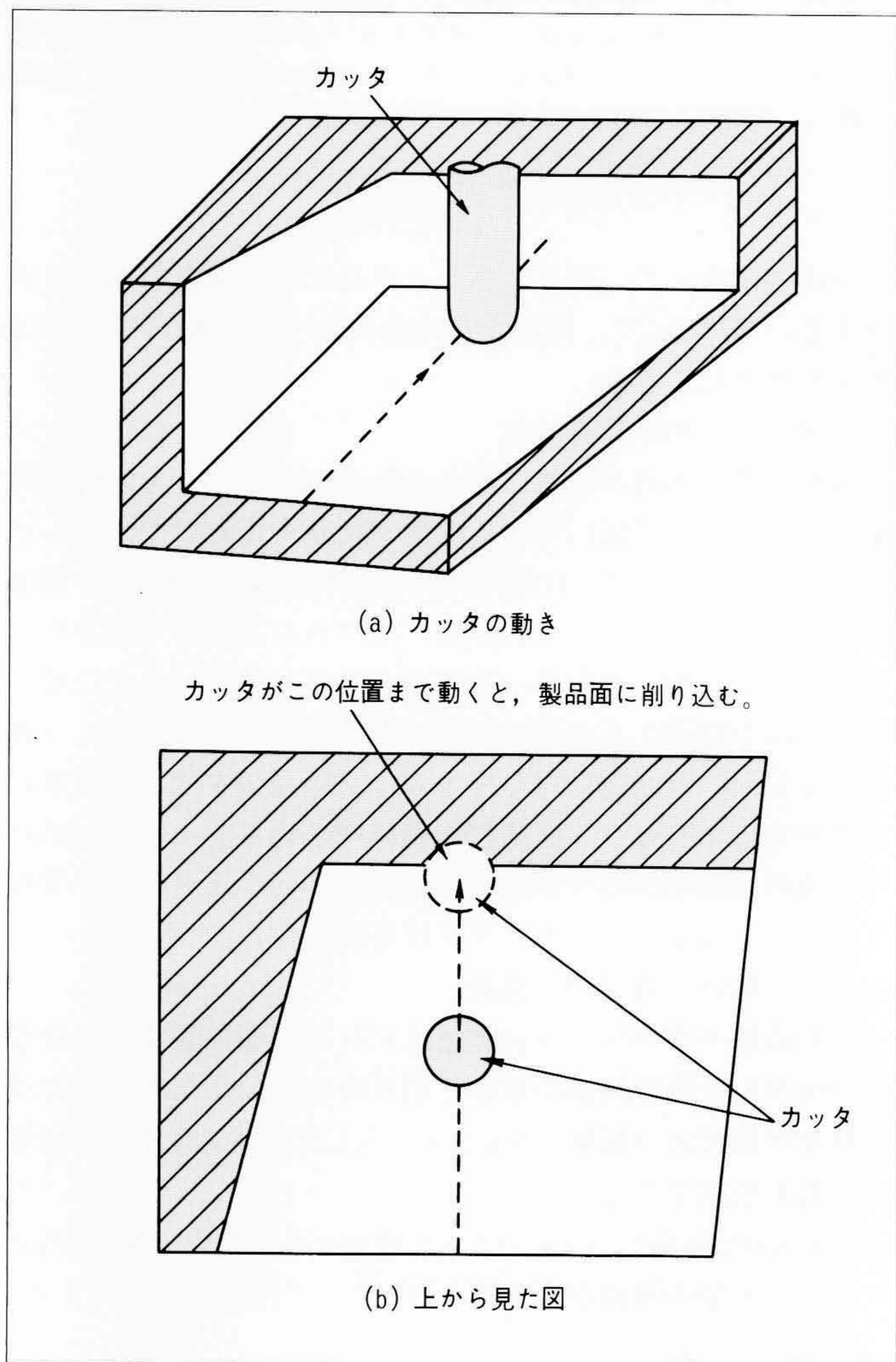


図9 カッタ干渉の例 ある面を切削するとき、他の面に対する影響を「干渉」と言う。

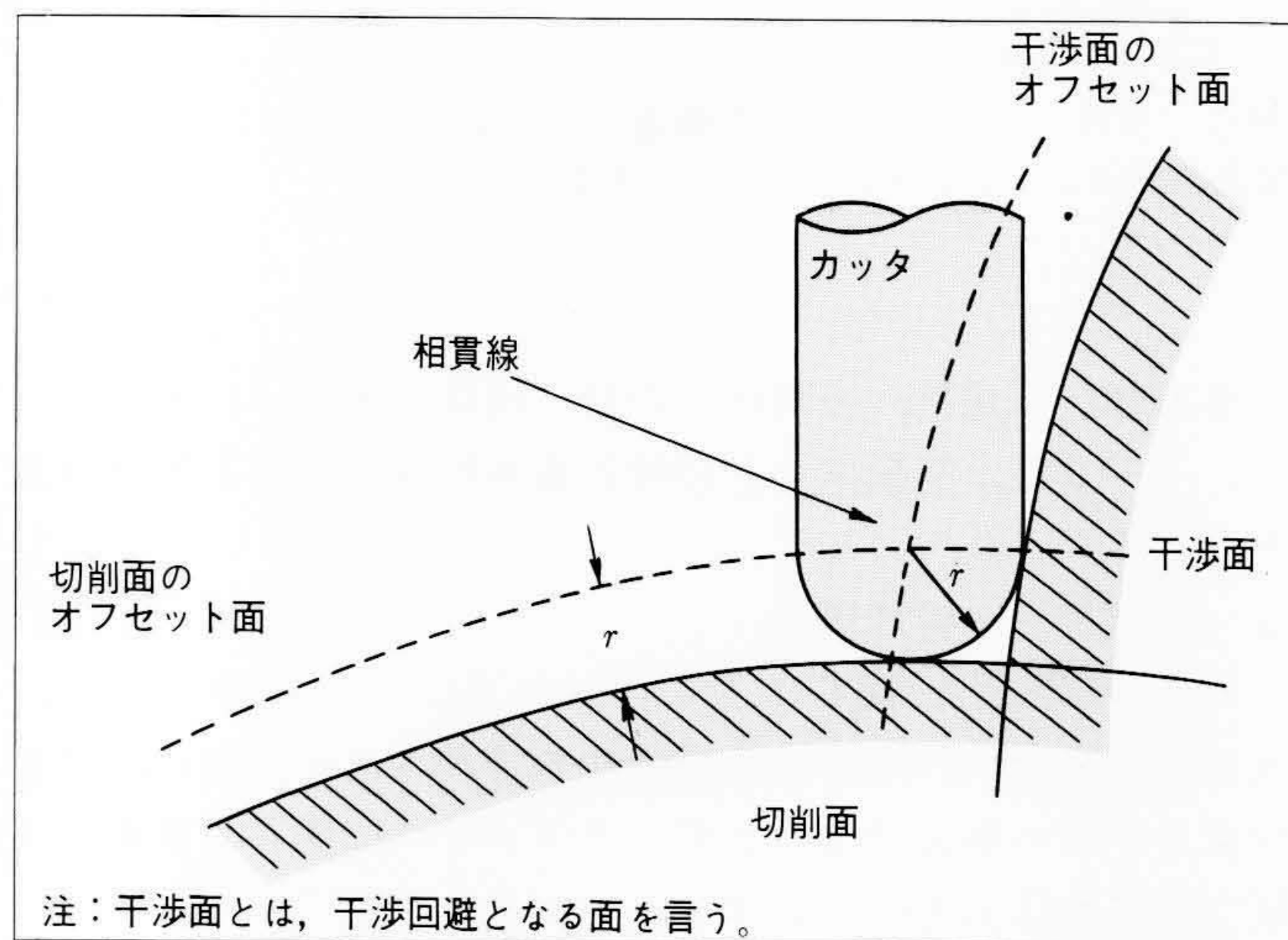


図10 工具干渉回避の様子 相貫線の位置がカッタ中心となるように工具経路を求める。

設計、金型設計などに適用できることを目的に開発したHICAD/3Dのモデリング機能、及び自由曲面加工システムHICAD/NCSの特長的な機能について述べた。本論文で述べた機能は既にGRADASユーザーに利用してもらっており、今後、本格的な3次元CAD/CAM一貫システムの実現を目指して、機能強化を図るとともに、設計ニーズを先取りした使いやすいシステムに育ててゆく考えである。

参考文献

- 1) 徳増, 外: 幾何モデリングシステム“HICAD”の開発, 日立評論, 65, 3, 177~182(昭58-3)