

金型CAD/CAMシステム

CAD/CAM System for Die Manufacturing

量産工場では、ダイカスト、モールドなどの基幹部品の金型設計、製作期間の短縮が重要課題である。このため、製品設計から金型設計、NCテープ作成に至る一貫合理化、及び解析手法の確立が必要となり、CAD/CAMを推進した。

本論文では、2次元図形処理を基本にした金型キャビティ、ダイセット設計のCADとNCテープ作成について具体的事例を中心に述べ、併せて、3次元金型設計の試行結果とコンピュータシミュレーションによる凝固解析、冷却設計法などについて報告する。

立見榮男* Hideo Tatsumi

新山英輔** Eisuke Niyama

国友佳男*** Yoshio Kunitomo

1 緒言

新製品を開発し、素早く量産化するには、基幹部品の金型設計、製作期間の短縮が決め手となる。

このような課題にこたえるため、金型のCAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)化を推進したが、本論文では、ダイカスト、モールド金型を対象に、製品設計からキャビティ、ダイセット金型設計及びNC(数値制御)テープ作成に関するCAD/CAM化について述べる。

図1は傾斜ピン式スライド機構をもつ金型構造の外観を示したもので、可動型、固定型及び側面方向に型分割するために傾斜ピンで移動するサイドコアを含んだものである。キャビティは製品形状の空間を構成する部分である。

新規の金型では、設計・製作期間は50日ないし60日を要するが、CAD/CAM化を推進することにより金型設計期間を短縮し、一方、タイムリーなNCテープ作成により金型製作期間を削減するものである。また、金型設計に関する技術解析を行ない信頼性と生産性の高い部品製作をねらったものである。

したがって、製品設計から金型設計・製作に至る一貫したアプローチが必要となった。

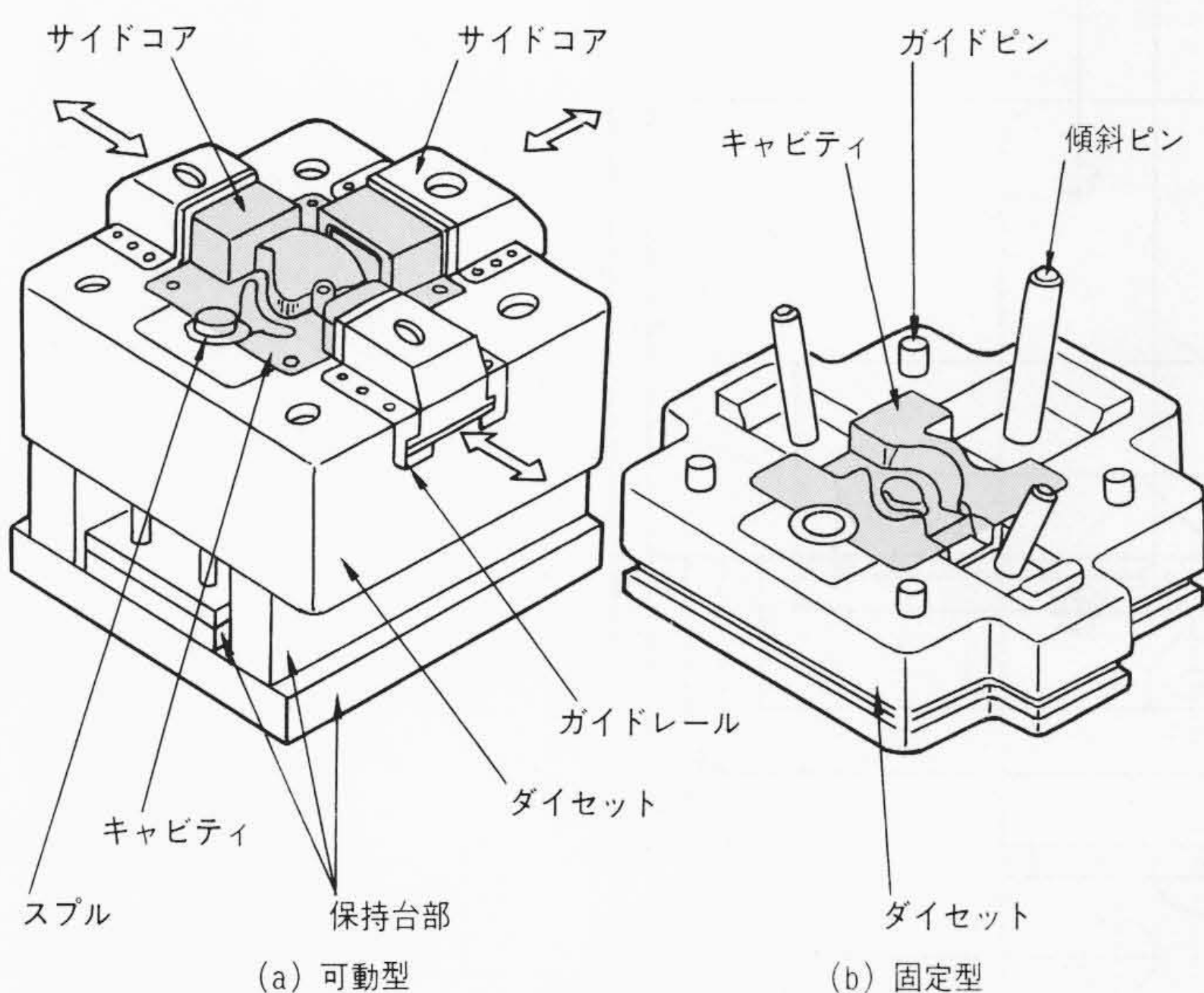
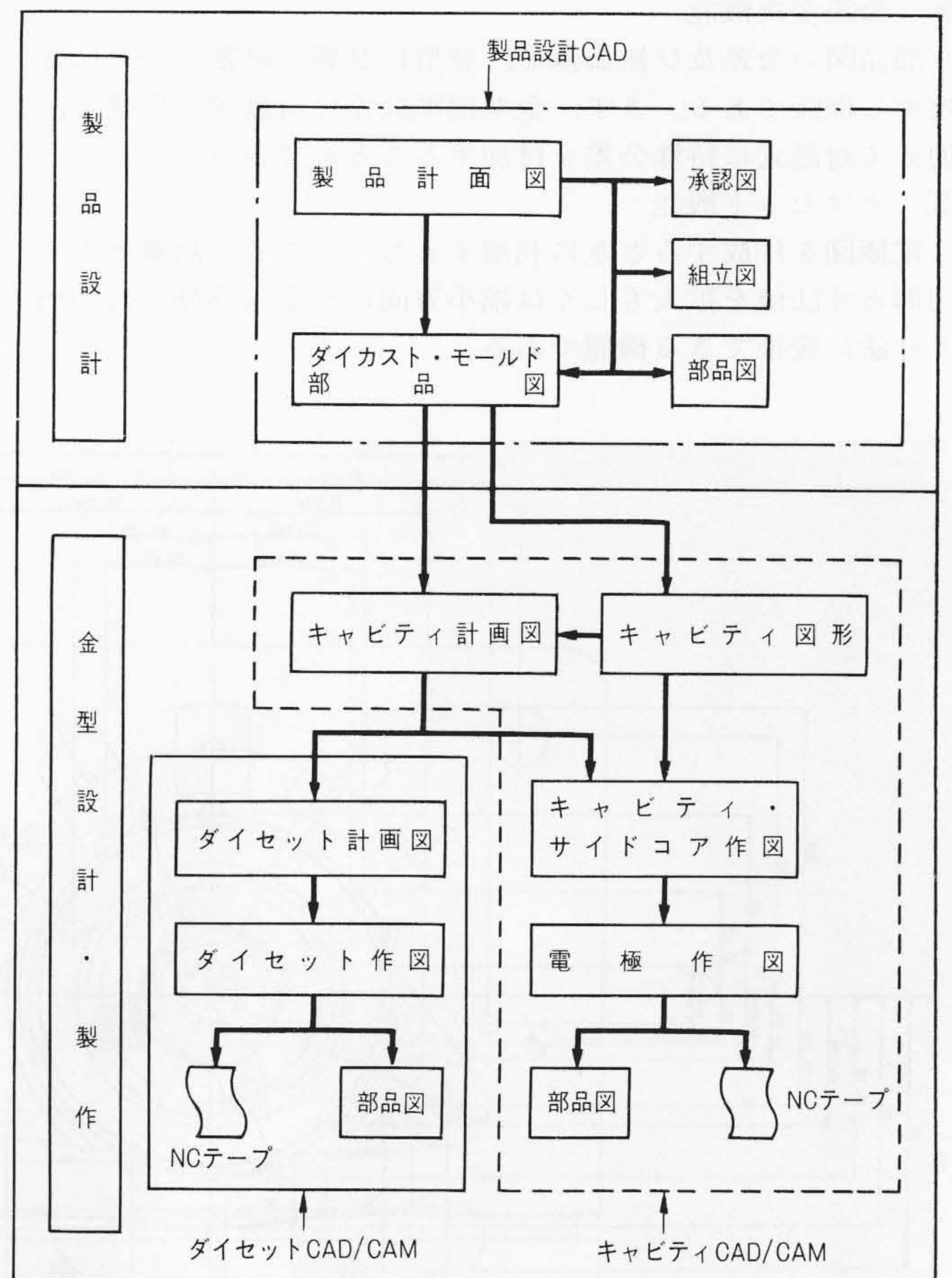


図1 傾斜ピン式スライド機構をもつ金型構造図 上下に分割される可動型、固定型及び、3方向に移動するサイドコアから構成されている。

2 金型CAD/CAMトータルシステムの概要

図2は製品設計段階のCADと金型設計・製作のCAD/CAMを統合したトータルシステムの情報の流れを示したものである。2次元図形処理を基幹にしたものであるが、部分的に3次元への移行を計画している。図形データの流れを説明すると、まず、上流の製品設計でCADにより部品形状が入力され、キャビティ図形に変換されてキャビティ作図に利用される。



注: 略語説明
CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)
NC(数値制御)

図2 金型CAD/CAMトータルシステムの概念図 製品設計から金型設計・製作に至る一貫システムを示す。

* 日立製作所佐和工場

** 日立製作所日立研究所 工学博士

*** 日立製作所日立研究所

複雑な型分割がある場合、あらかじめキャビティ計画図を作成する。

一方、ダイセット計画には、キャビティ仕様が取り込まれ、ダイセット計画図、作図及びNCテープが出力される。

上記の図形処理は、HICAD/2Dを使用し、金型専用の機能はユーザインタフェースを介して付加している。

3 キャビティCAD(2次元)

キャビティ図の出力例を図3に示す。同図で明らかなように、製品形状の部分とランナ、オーバフローなどの铸造方案部分から構成されている。铸造方案部分は標準化されており、一方、製品形状に関しては、そのつど新規な図形となる。

3.1 キャビティ図形の自動変換処理

キャビティのCAD化に先立って、製品設計側の部品図の図示方法について標準化を行なった。例えば、抜きテーパの表示方法や公差の表示に関し、後工程のキャビティ図形処理を効率的に行なえるよう配慮されている。

一方、金型設計に特有な幾つかの図形処理機能を付加した。代表的なものを以下に示す。

(1) 一率拡大機能

熱収縮率を補正する機能で、例えば、ダイカスト金型の場合は1.0055倍の倍率で図形と寸法値が一率に拡大される。熱収縮率は対話で任意に与えられる。

(2) 公差変換機能

部品図の公差及び無公差を、金型に必要な厳密な公差に変換する機能である。まず、金型標準公差に自動的に変換し、加えて対話式に特殊公差を付加することもできる。

(3) オフセット機能

電極図を作成するときを利用するものである。対象となる図形と寸法値を拡大もしくは縮小方向に一定量移動した図形と寸法に変換できる機能である。

(4) 反転機能

キャビティに配置される図形、寸法値は180度反転して図示されるが、この機能は図形、寸法値、寸法線などを180度反転するものである。

図4は部品図面と、この図形データを基に上記(1)、(4)の機能を用いて自動的に図形変換したキャビティ図形を示したものである。このようにキャビティ図形を自動変換することにより、金型設計の工数削減と設計ミスの低減が可能となる。

3.2 キャビティ計画図、キャビティ図の作成

キャビティ図形を基に、HICAD/2Dの作図機能を用いてキャビティ計画図、キャビティ図などが作成される。铸造方案部分が標準化されているものに関しては、HICAD/2Dのパラメトリック処理機能を用いるのも効率的である。

3.3 NCテープの作成

NC加工を対象とする図形を取り出し、カット位置、カットパスを対話式に入力して、干渉チェック後、NCテープを出力する。

4 ダイセットCAD/CAM

ダイセットのCAD/CAMについては、HICAD/2Dの作図機能によるものと、自動設計の手法を採用しているものがある。ここでは、自動設計の手法に関して述べるが、前者については標準金型の作図効率向上に寄与できる。

4.1 ダイセットの自動設計

(1) ダイセットの計画図作成

ダイセットの構造は技術的に安定しており、したがって、形状、寸法は標準化されている。しかし、先の図1に示したようなサイドコアをもつ金型では、製品形状、大きさなどによって金型の構成要素、寸法などが異なると同時に、成形機側との連結部・取付部の検討が含まれるため、自動設計がより効率的である。

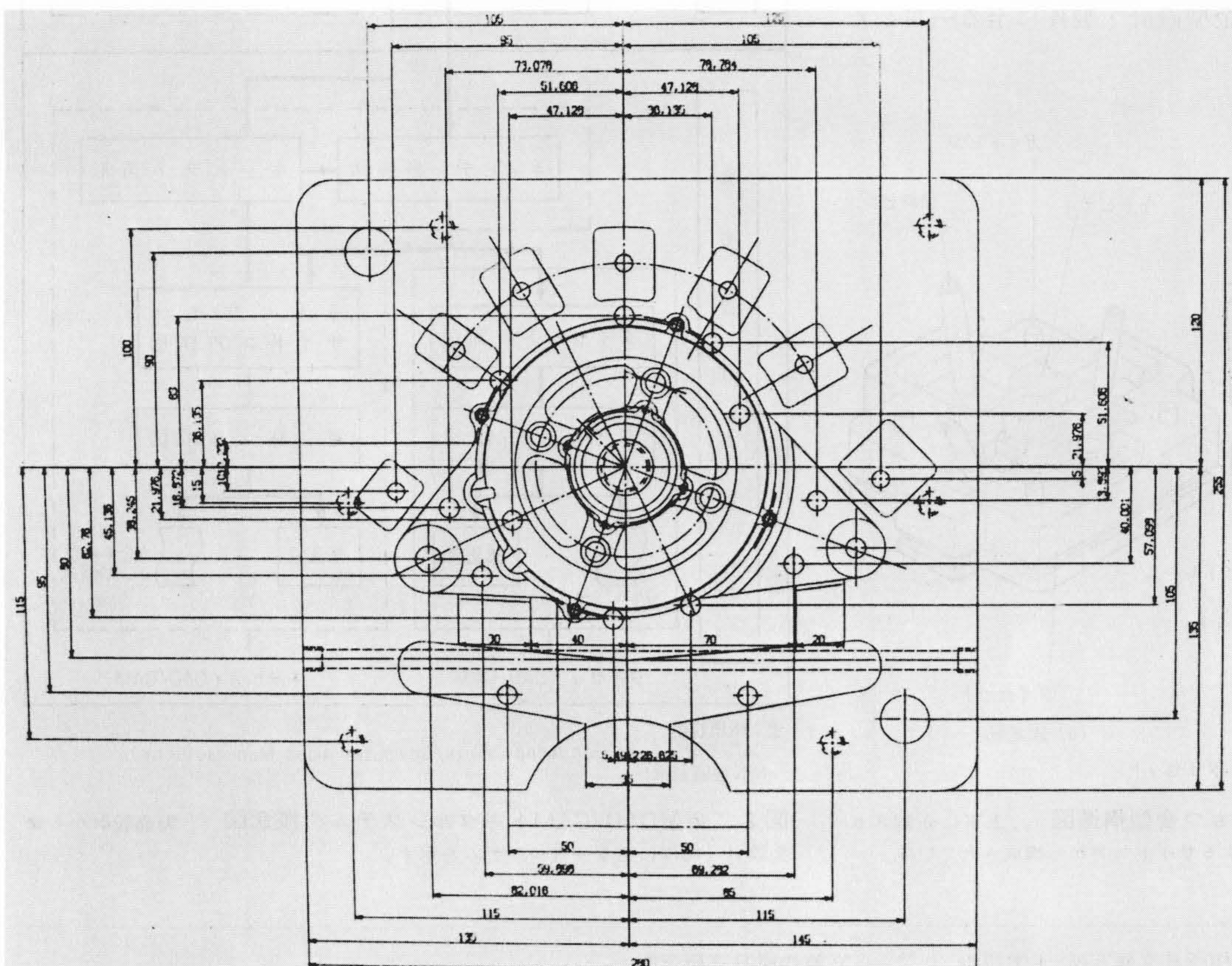


図3 キャビティ図面
中央部が製品形状である。

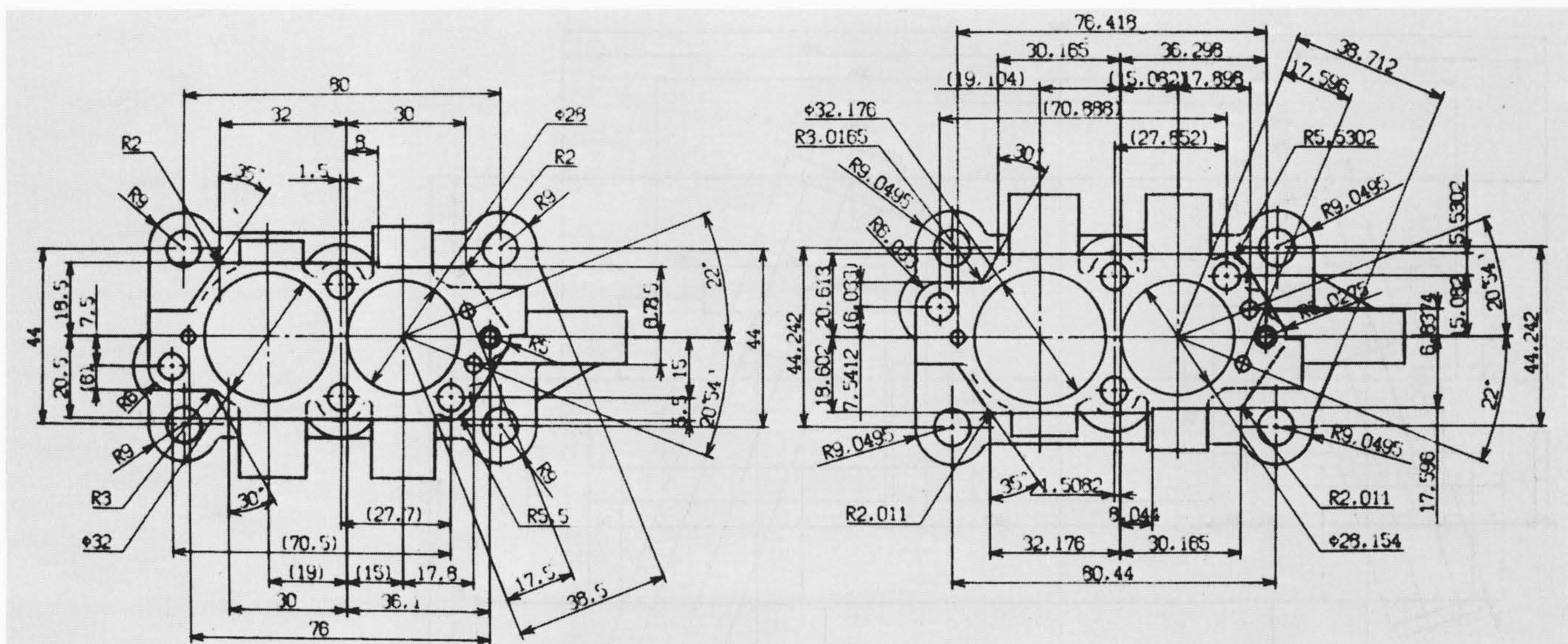


図4 キャビティ図形の自動変換処理 左の図は部品図形で、右の図は一率拡大、反転処理を加えたキャビティ図形である。

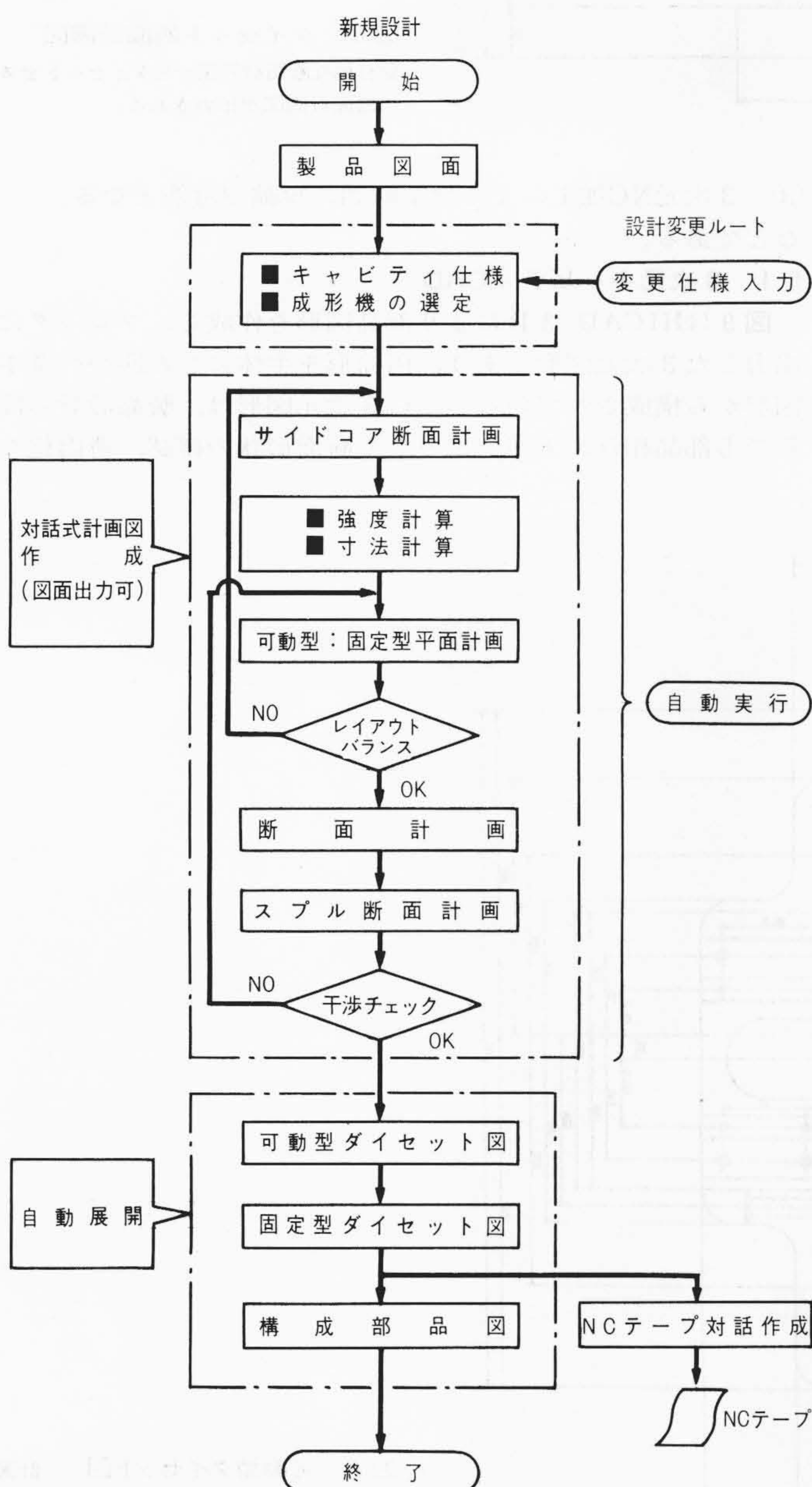


図5 ダイセツCAD/CAM設計手順 対話式で計画図を作成し、ダイセツ図面を自動展開できる。

図5にダイセツCAD/CAMの設計手順を示す。

標準化された設計手順に従い、ステップごとに寸法、データなどを対話入力し、画面を見ながら部分計画図を作成、修正し完成させるもので、66のコマンドから構成されている。特徴的な内容を次に紹介する。

初期入力データは、キャビティ寸法、サイドコアストローク及び成形機番号である。成形機番号に対応して、成形機各部の図形が登録されており、計画設計に利用される。

サイドコア断面計画では、ダイセット各部の強度計算が行なわれ、計算値に近い標準寸法で図形が表示される。また、対話式に傾斜ピンの角度を修正可能である。

平面計画では、成形機図形を重ねながら、配置バランスの検討・干渉のチェックが可能である。

図 6 はダイセットの断面計画図を示したものである。

(2) ダイセツ作図とNCテープ出力

計画が完了すると自動的に可動型、固定型ダイセット図が出力され、関連するガイドレール部品図なども作成される。次に、ダイセットのフライス加工用及び穴加工用のNCテープが自動的に出力される。

図 7 は可動型ダイセット図を示したものである。

4.2 金型と成形機の3次元干渉シミュレーション

作業性と省エネルギーの立場から、できるだけ小形の成形機を採用するが、この場合、金型と成形機の干渉が問題となる。

前記の 2 次元のダイセット計画図の段階では、正規に取り付けられた配置での平面、及び断面の干渉チェックは可能であるが、成形機に挿入、取り付ける過程での 4 本の支柱(タイバー)と金型の干渉をチェックすることは不可能である。

図8は、金型及び成形機の3次元図形をHICAD/3Dを用いて作成し、金型を挿入→回転・移動→正規配置する過程の干渉をシミュレーションしたものである。この例では、上の支柱と金型が干渉(食込み)していることが分かる。

なお、この3次元図形はパラメトリック処理で作成されており、いずれも大きさを任意に変えることができる。

5 3次元キャビティCAD/CAMの試行

意匠などの特殊な分野では、3次元自由曲面を主体にキャビティ加工を目的とした、3次元CAD/CAM¹⁾²⁾が先行開発され実用化されている。一方、意匠を必要としない機能部品

どに利用できる。

キャビティ設計段階では、熱収縮率を考慮した図形・寸法に一率拡大した後、主分割面、部分分割面を対話式に指示しキャビティ図形を創成する。図10は、図9を基に作成したキャビティ図形である。左右の半円柱状の凹部はサイドコア挿入部に相当する。この図形にランナ、オーバフロー、冷却穴、押出し穴などを加えるとキャビティ設計が完了する。

次に、図面の出力に関しては、HICAD/3Dにより、断面図を含めて、2次元図面への変換が可能である。

5.2 3次元キャビティCAM

図11は、HICAD/3Dを用いて対話式にNCテープを作成し、3次元NCフライスで加工したモデルの外観である。キャビティ及び電極の加工時間の短縮が可能である。

6 シミュレーションに基づく型設計

鋳造、ダイカストなどの成形工程は溶融体の流れ、冷却、凝固、収縮などの物理現象を含む複雑な過程であり、適正な型設計を行なうためにはこれらの型内の諸現象をできるだけ定量的に予測することが必要である。このため、幾つかのコンピュータシミュレーションプログラムを開発し、実用に供している。現段階では5章の3次元図形処理と本章で述べるシミュレーションプログラムは個別であり、近い将来統合化を計る予定である。

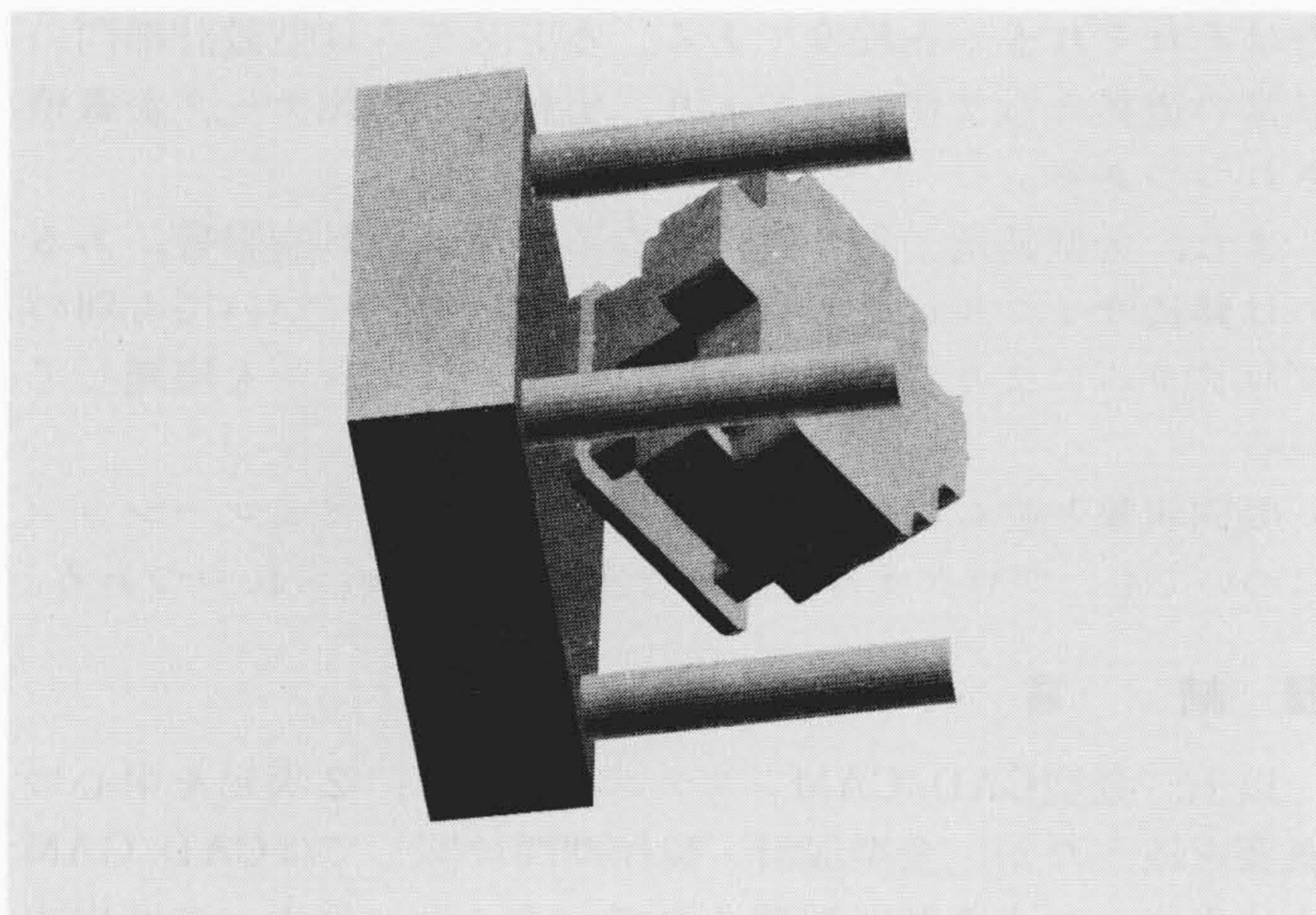


図8 金型と成形機の3次元干渉シミュレーション(プロッタ図) 金型(右)と成形機(左)の支柱が干渉していることが分かる。

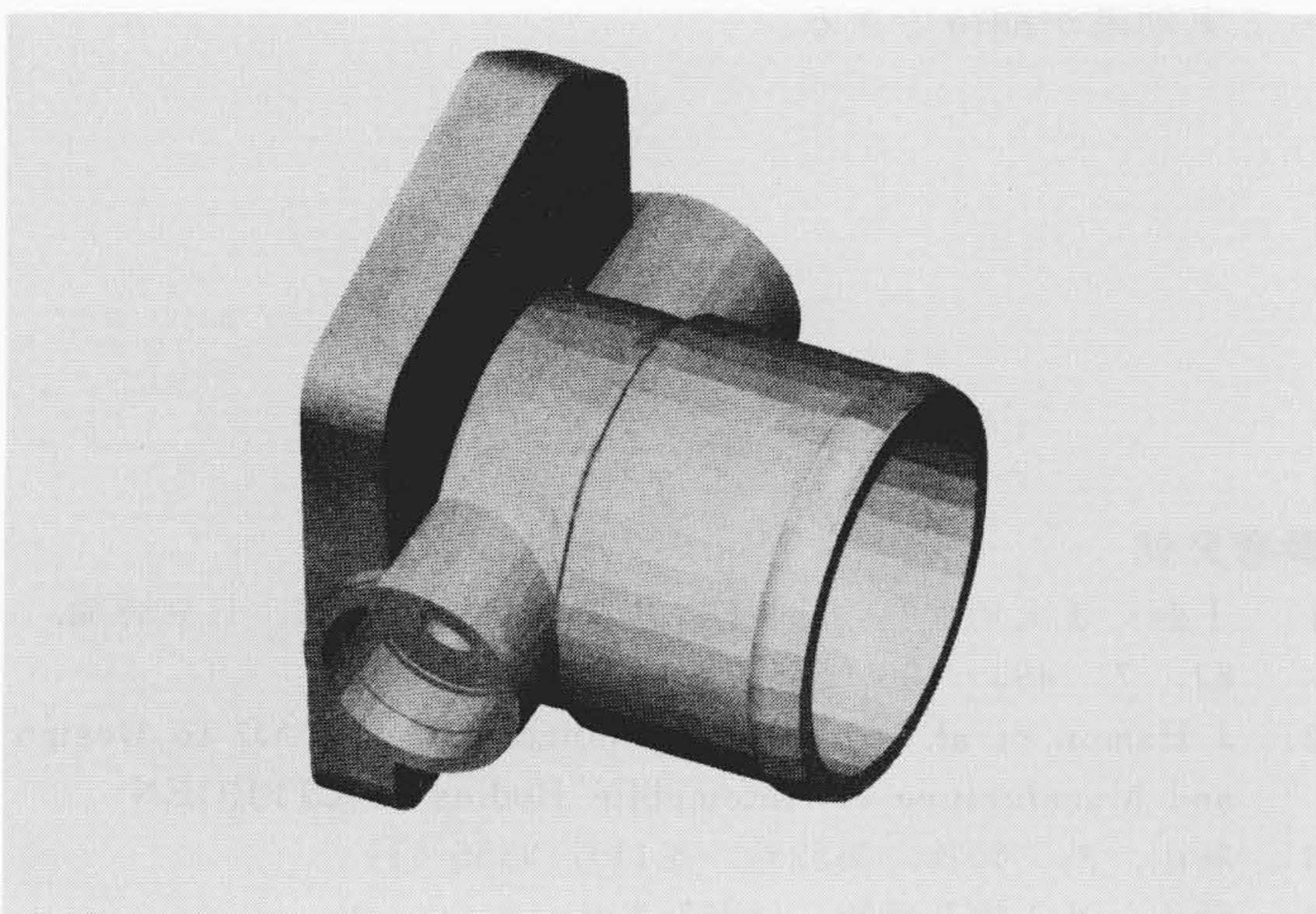


図9 部品図形(プロッタ図) 円筒形を主体にした四つの基本図形から構成されている。

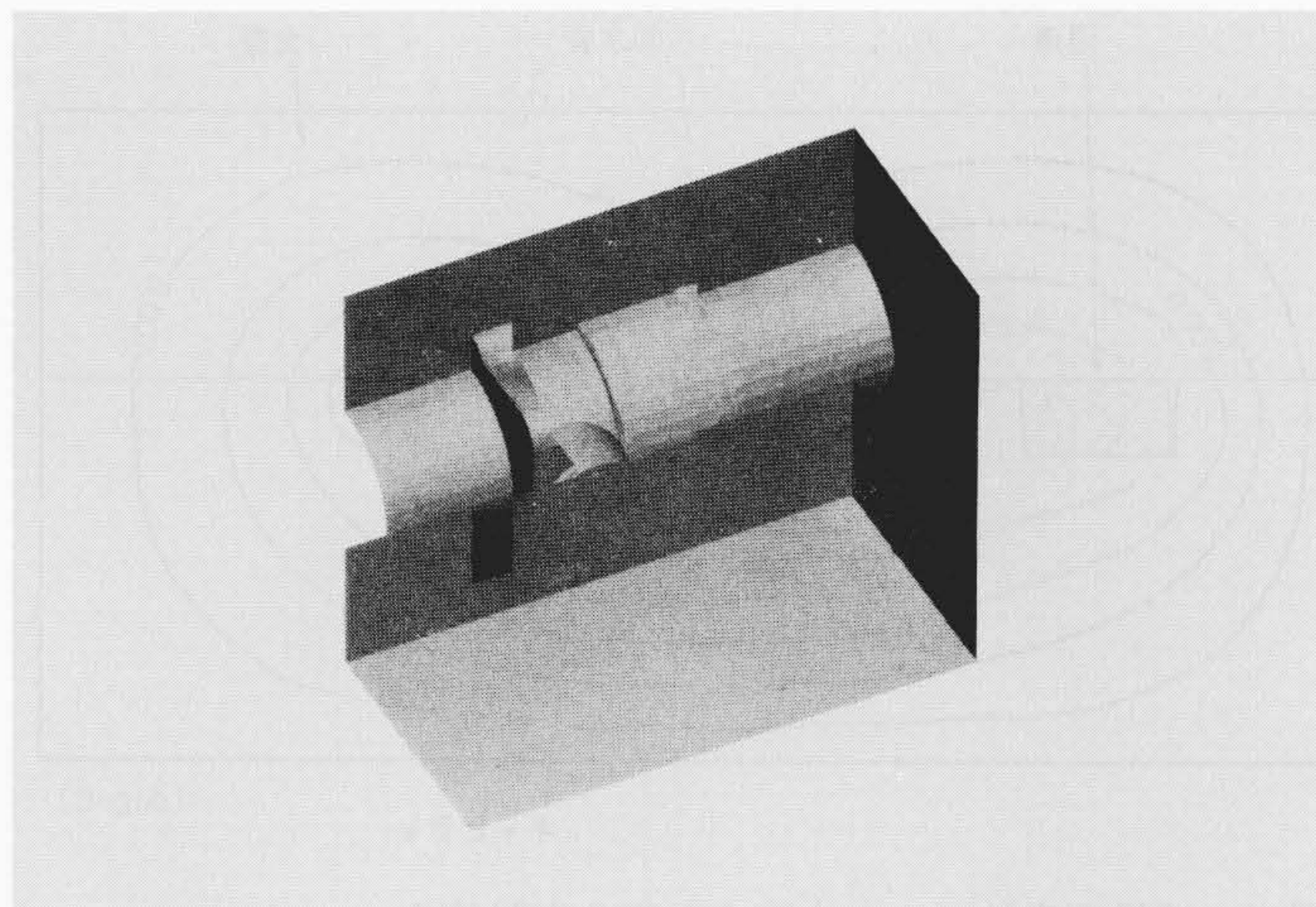


図10 キャビティ図形(プロッタ図) 図9に主分割面を指示すると、キャビティ図形が創成される。左右の半円柱状の凹部はサイドコア挿入部である。

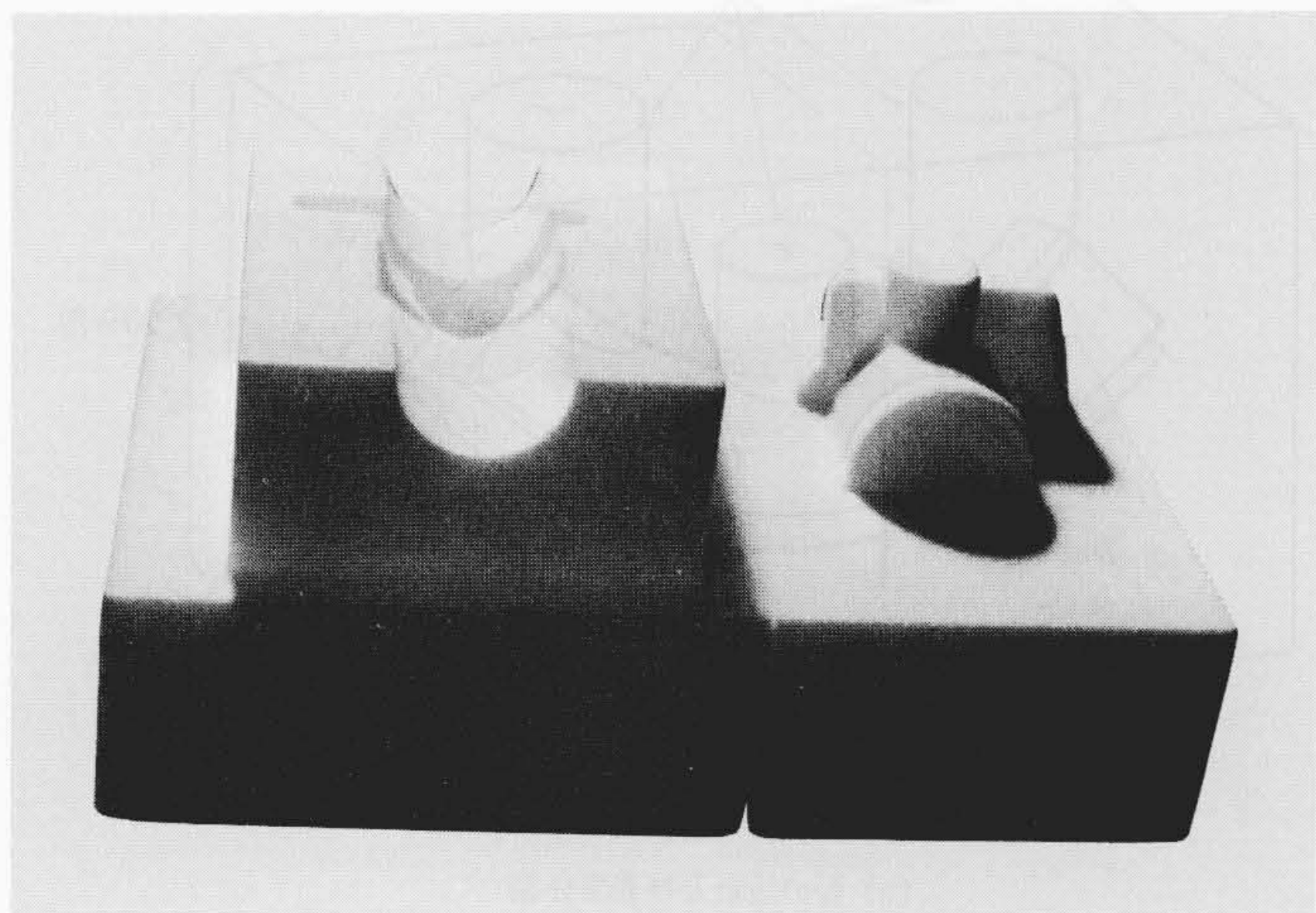


図11 3次元NC加工モデル 図9、図10の3次元図形データを基に、対話式にNCテープを作成し、加工したものである。左がキャビティ、右が電極である。

ダイカスト金型でまず問題になる冷却設計に対しては、境界要素法を用いた対話形の2次元定常熱解析プログラムを開発した。これによると、金型断面形状、境界条件などのタブレット入力から金型内温度分布のグラフィック表示までを2～5分で実行できるので、冷却水配管位置を種々比較検討することが容易である。図12に出力例を示す。

次に問題となるのが凝固制御であり、これがダイカストあるいは砂型鋳物の品質を大きく左右する。これに対して直交差分に基づく2次元^{3)~5)}及び3次元⁶⁾の非定常熱シミュレーションプログラムを開発した。入力された形状に対して、鋳物内部の温度、凝固時間、温度こう配などが計算され、指定した任意の断面上でのこれらの値の等高線が作図される。本方式の特徴は、凝固時の温度こう配から引け巣(収縮孔)位置が高精度で予測できる点にあり、これに基づいて型の設計(冷却、駄肉など)を変更し、シミュレーションでのチェックを繰り返して適正な設計に至る。図13、14は砂型鋳鋼の場合で、シミュレーションに基づく設計変更により引け巣を防止することができた例である。

プログラム開発に当たっては使い勝手をよくすることに意を用い、その結果、3次元の場合、形状データの作成と入力の時間が1～5時間、CPU(中央処理装置)使用時間が1～15

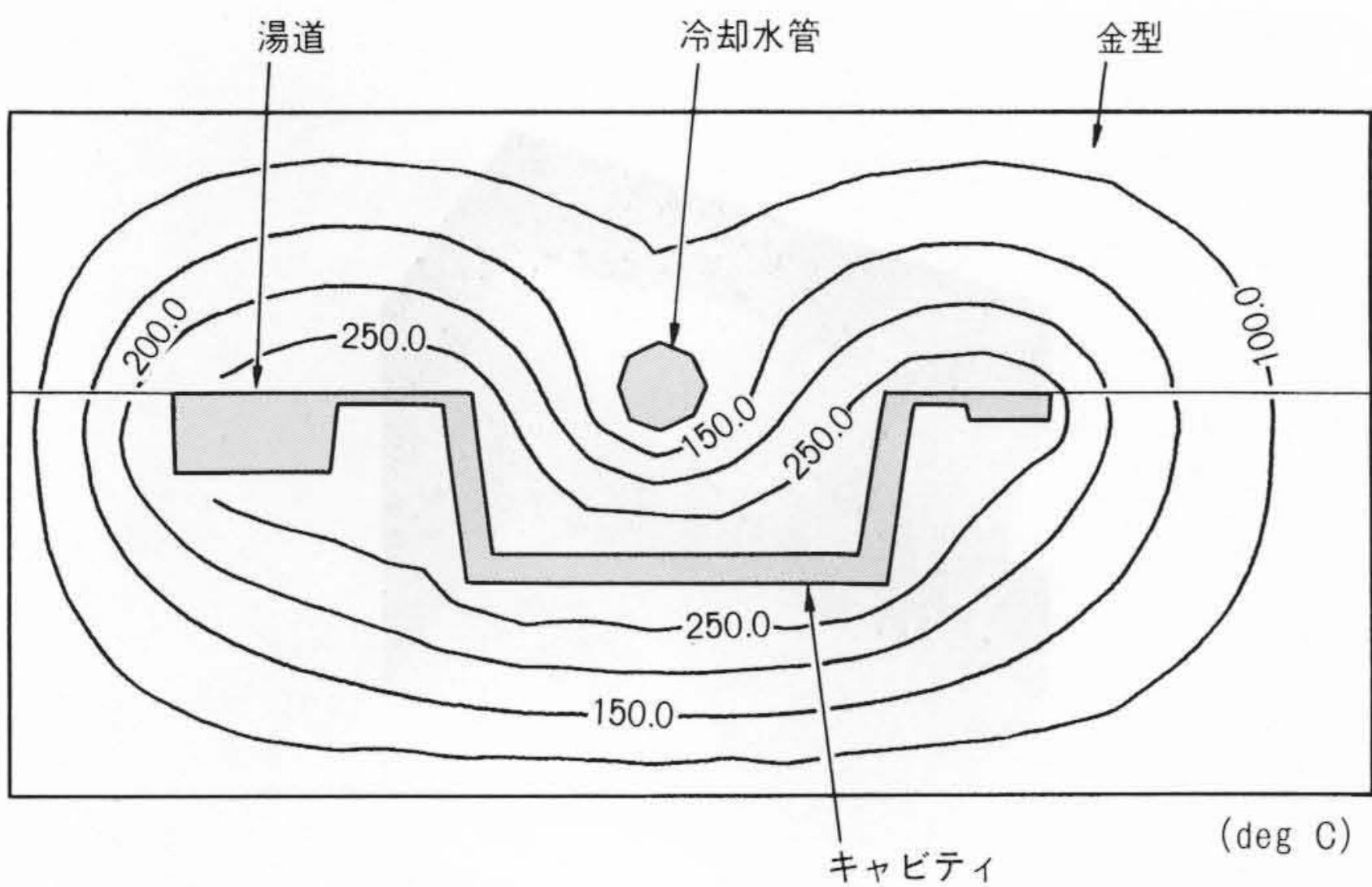
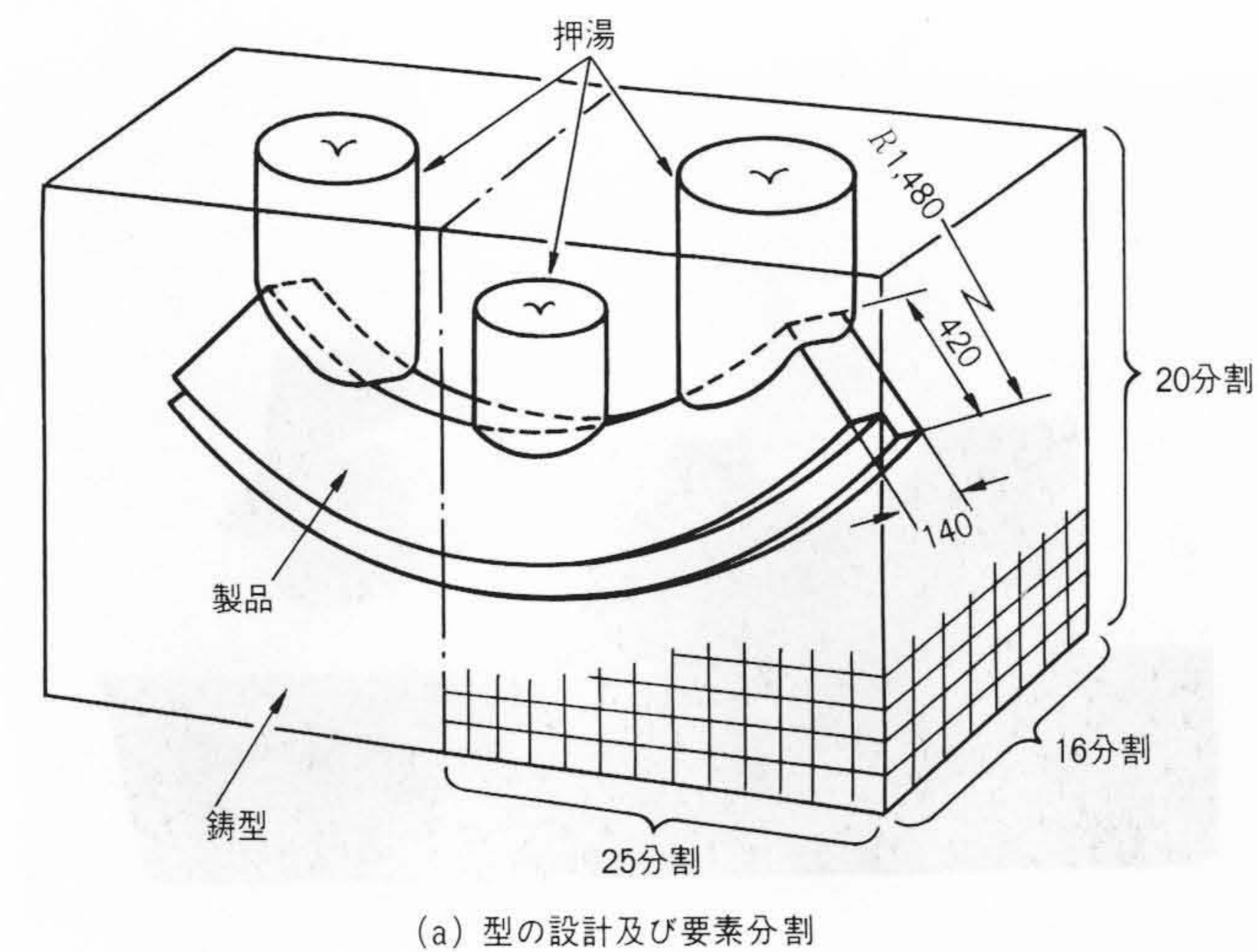
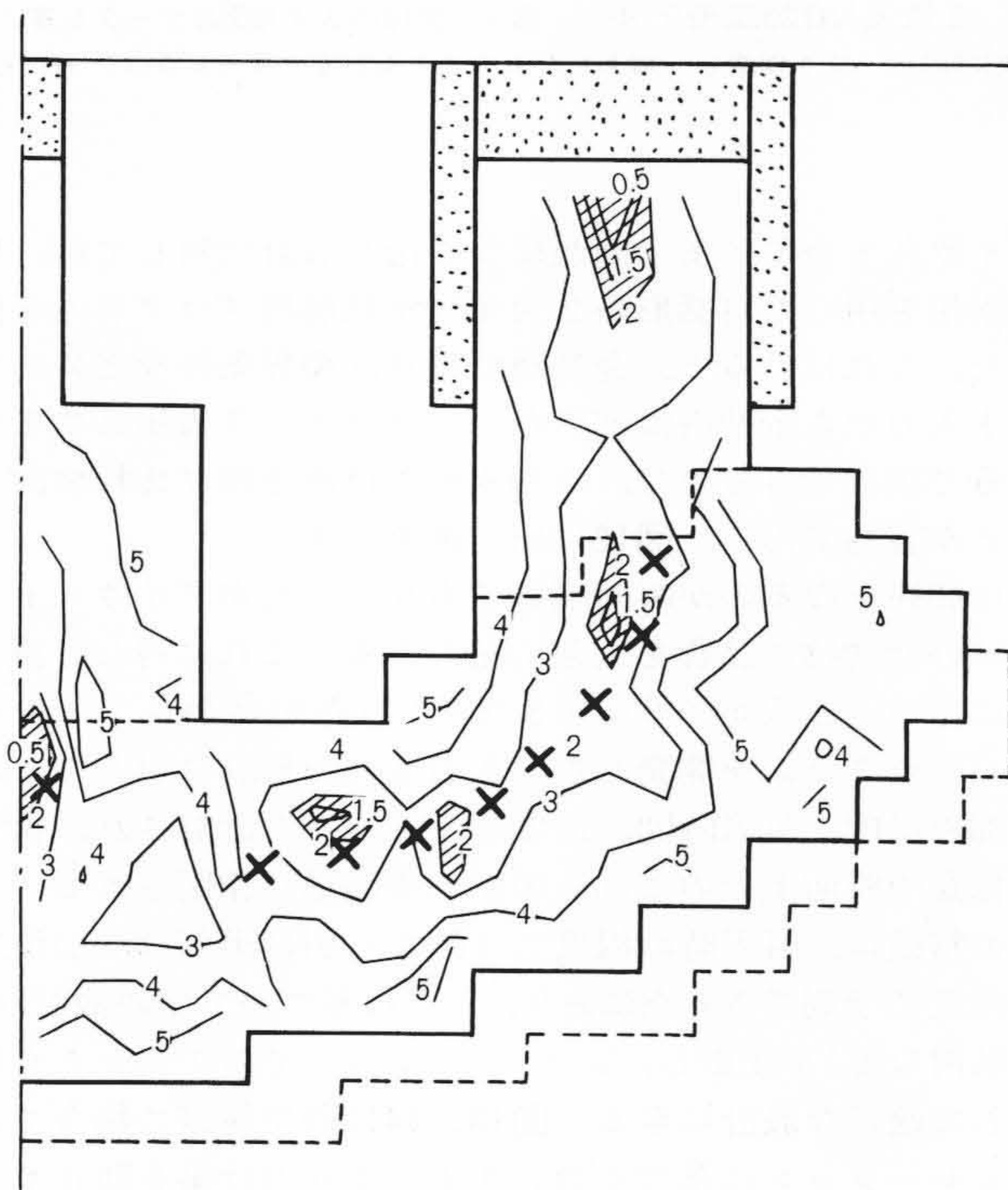


図12 境界要素法による金型内温度分布計算例 アルミダイカストの例を示すもので、冷却水管の適切な配置により、ほぼ均一な温度分布が得られている。



(a) 型の設計及び要素分割



(b) 凝固時の温度こう配 (°C/cm)

図13 3次元凝固計算の例 設計変更前の水車上カバー鋳鋼の計算例である。実体での引け巣発生位置を×印で示すが、低温度こう配の位置に一致している。

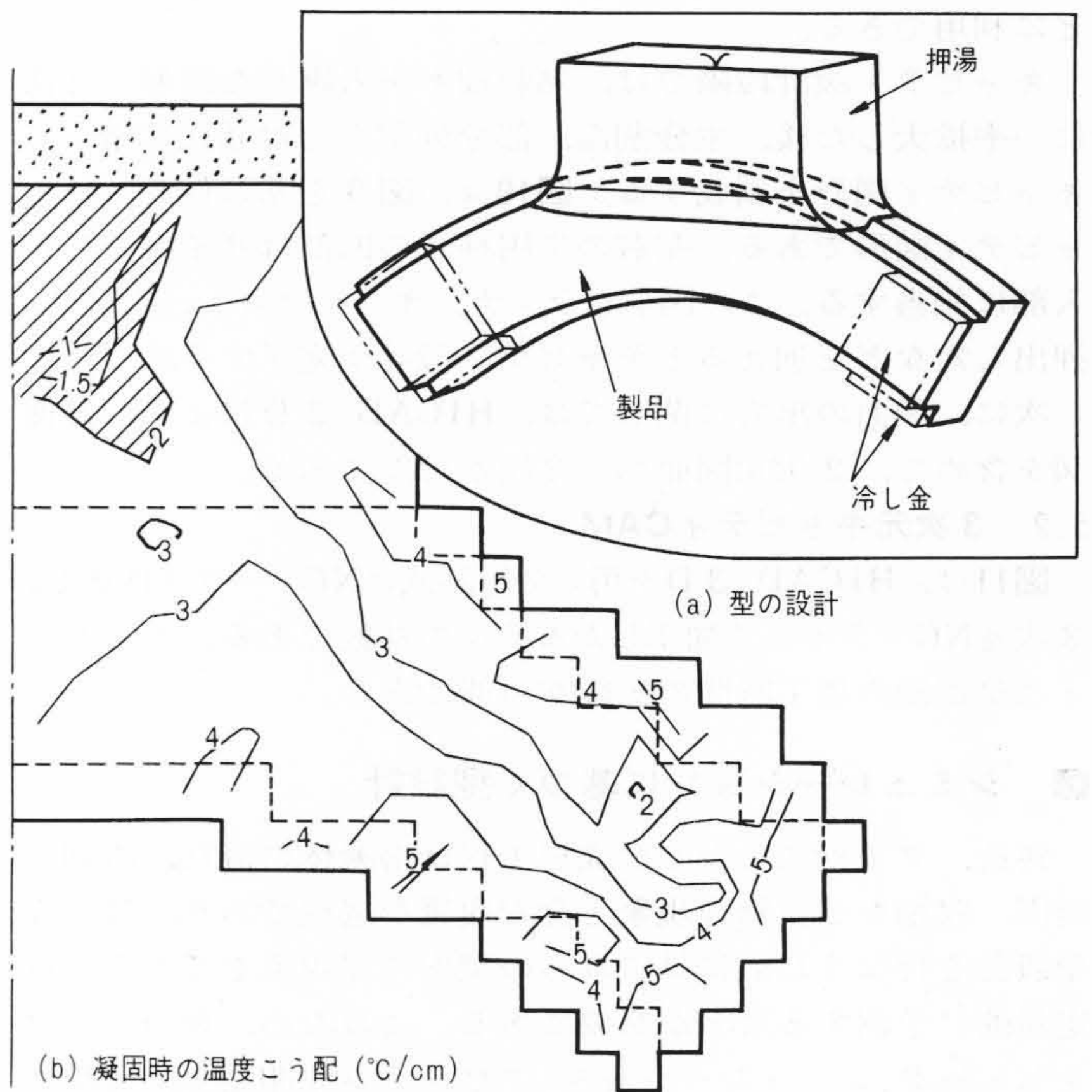


図14 3次元凝固計算の例 設計変更後の水車上カバー鋳鋼の計算例である。低温度こう配域がなくなり、実体でも健全性が確認された。

分程度 (M-200H) であって十分に実用に耐える。2次元の場合はそれぞれ $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{5}$ 程度である。本システムは型設計部門の日常の道具として使われており、実績との対比データが蓄積されつつある。

また、金型鋳造で特に問題になる湯流れの熱的影響、あるいは鋳造サイクルによる型温度の上昇、などについても別のプログラムにより必要に応じてシミュレーションを実施している。

凝固現象と並んで重要な型内の流れ過程のシミュレーションについても、プログラムの開発と実用化が進められつつある。

7 結 言

以上、金型CAD/CAMシステムについて、2次元を中心に概要を述べたが、金型設計・製作期間に関してはCAD/CAM化により、およそ30%短縮されている。近い将来、半減化する予定であるが、特にCAMの補強を行なう予定である。

一方、3次元図形処理、凝固シミュレーションを中心とした分野は進展が著しく、今後、ソフトウェアの改良とあいまって実効果が期待できる。

参考文献

- 1) 上西：3次元金型設計製作のためのCAD/CAM、日立評論、62、7、493～496(昭55-7)
- 2) J. Hamon, et al. : Practical Applications of CAD to Design and Manufacture of Automobile Bodies at CITROEN
- 3) 新山、外：鋳物、第52巻、第11号(昭55-11)
- 4) 新山、外：綜合鋳物、(昭57-3)
- 5) 新山、外：鋳物、第54巻、第8号(昭57-8)
- 6) 内田、外：日本鋳物協会第102回講演大会予稿(昭57-10)