

日本ユニシスにおける CAD/CAM システムの歩み

The Progress of the CAD/CAM System in Nihon Unisys

藤 井 省, 長 岡 紀, 小 川 隆 則

要 約 日本ユニシスは1965年にCAMシステム APT/1100の提供を開始して以来、主に自動車部品を対象とした汎用CAD/CAMシステム並びに国内大手自動車メーカーの専用CAD/CAMシステムを約半世紀に亘り開発提供してきた。1980～90年代のCAD/CAM普及・展開期では、ITプラットフォームに応じてUNICAD、CADCEUSといった汎用商品を提供し、金型業界でNo.1シェアを確保した。2000年代以降はグローバル化に伴い、CADQUESの開発・適用支援でこれまで培った日本のものづくりノウハウを用いて仏ダッソー・システムズ社のCATIA V5上にDynavistaを構築した。また日本ユニシス・エクセリューションズからは2005年に日本のものづくりの伝統と職人の技を実現するデジタル・マイスター・ツールCADmeisterが発売された。

本稿では、日本ユニシスのCAD/CAMの歩みを、ITプラットフォームや要素技術の進化および他社市販システムの動向を交えて紹介する。

Abstract Nihon Unisys (NUL) started to provide the APT/1100 as a CAM system in 1965. Since then, NUL has developed CAD/CAM systems which mainly support the automobile industry, and provided the implementation services over five decades. During the dissemination and expansion stage of CAD/CAM system (1980s to 90s), we provided the CAD/CAM system named “UNICAD” and “CADCEUS”, we achieved the No.1 share of them in the die and mold industry. After 2000’s we built Dynavista on CATIA V5 which Dassault Systemes (French company) developed. In 2005 we provided Digital Meister tool named CADmeister.

In this paper, we introduce the history of Nihon Unisys progress in the CAD/CAM systems from the point of evolution of IT platform and element technology.

1. はじめに

日本ユニシス株式会社（以降、日本ユニシス）がCAD/CAMビジネスに進出して半世紀が過ぎた。本稿では、日本ユニシスが歩んできたCAD/CAMシステムの歴史について、CAMの視点で捉えて紹介する。

CAD (Computer Aided Design) は、コンピュータを利用して設計の効率と精度を高めるためのシステム、CAM (Computer Aided Manufacturing) は、設計された製品を量産するための金型などの治工具や部品そのものを製作するためのシステムの総称である。CAE (Computer Aided Engineering) は、各種解析やシミュレーションによる設計対象物の性能検討を行うシステムの総称である。CAD, CAM, CAEのシステムを総称して本稿ではCAD/CAMシステム、または単にCAD/CAMと呼ぶ。

CAD/CAMシステムは、米国の航空機メーカーと自動車メーカーで最初に開発され利用された。その後、機械系では船舶、家電などの分野へ、さらに建築系、橋梁系、そして電子部品分野で

適用された。現在では、歯科を始めとする医療やアパレルなどでも利用されており適用分野は拡大した。日本ユニシスが取り組んできた分野は、主に自動車と住宅（建築系）^[1]である。本稿では自動車分野への適用を扱う。

2章では、自動車の車両開発工程における利用を例に、CAD/CAMシステムとはどのようなシステムかを概説する。また、CAMシステムが扱う主要テーマであるNC加工とNCプログラムの位置づけについて説明する。3章では、日本ユニシスが提供してきた主要CAD/CAM商品の歴史について記述する。ここでは、UNICAD, CADCEUS, Dynavista, CADmeisterという四つの商品を、四つの側面（形状表現, 3D経路計算, システムの統合, 表示装置）から比較することで、CAD/CAMを支える技術的テーマがどのように変遷してきたかを明らかにする。4章では、1950年代以降を七つの時代に分け、それぞれの時代背景の中で日本ユニシスが歩んできた多岐にわたる先端的な取り組みを紹介する。

2. CAD/CAMシステムとNC加工

1) CAD/CAMとは

自動車の車両開発工程の流れと、CAD/CAMシステムの利用場面を図1に示す。

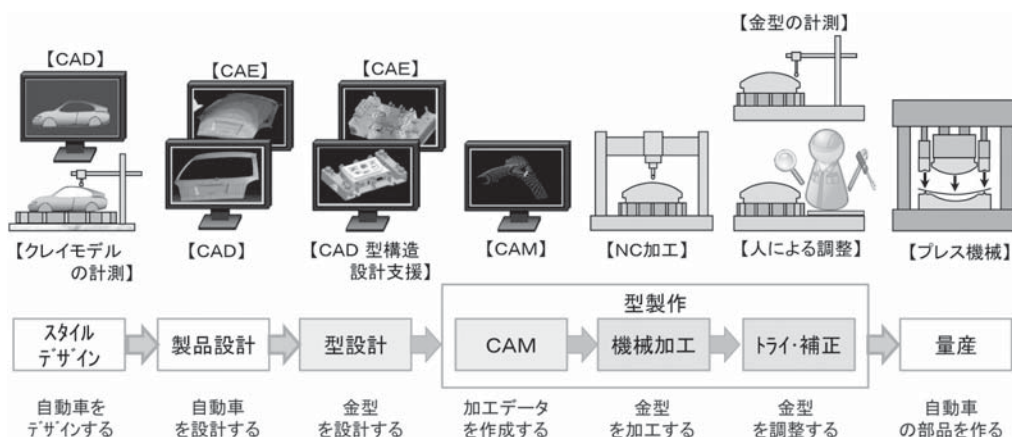


図1 車両開発工程（プレス型製作工程）とCAD/CAM/CAE

自動車のスタイルは紙に書かれたデザインスケッチから始まるのが一般的である。スケッチから、クレイ（工業用粘土）を使い立体的なクレイモデルを作成する。クレイモデルでスタイルを検討し修正を加える。次に、クレイモデルを3次元計測して計測点列をCADシステムに取り込む。計測点列から曲線を作成し、曲線群から曲面を作成する。CADでは、曲線の品質、例えば滑らかさ（曲率など）を評価して、より滑らかな曲線に変形する。それらの曲線を使って作成した曲面を、曲線と同様に評価し変形する。このようにして、CADモデルの外形状を熟成しデザインを決めていく。

製品設計工程では、車両全体をパネル部品（外板部品）に分割する。各パネルに対し内側のパネル部品（内板部品）も決める。外形状として見えないエンジンルームや床やトランクルームなどを構成する部品も設計する。これらの設計はCAD機能を利用して行う。設計過程では、CAEを利用して各種解析も行う。

型設計工程では、各パネル部品（内板部品と外板部品）をプレス成形するための金型を設計

する。金型には、パネル部品の形状を決めるための部分（製品面）と、機械部品である金型の構造部分（型構造部）がある（図2）。

1枚の鉄板からパネル部品、例えばフロントドア（Front door outer）を製作するには、多くの場合4工程のプレス成形が必要であり、各工程毎に金型を製作する^[2]。

- ・ドロー型：1枚の鉄板を完成品に近い形に成形する（絞る）
- ・トリム型：余分な部分をカットする
- ・フランジ型：カットした縁の部分を折り曲げる
- ・ピアス型：穴を開ける

成形後に目標とするパネル形状になるように各金型のパネル製品面を決める。ここでは、例えば、曲げたものが元に戻る（スプリングバック）、あるいは自重で鉄板がしぼむ（オーバークラウン）ことを見込んで、金型の形状を変形しておく。次に、パネル製品部以外の型構造部の形状を設計する。

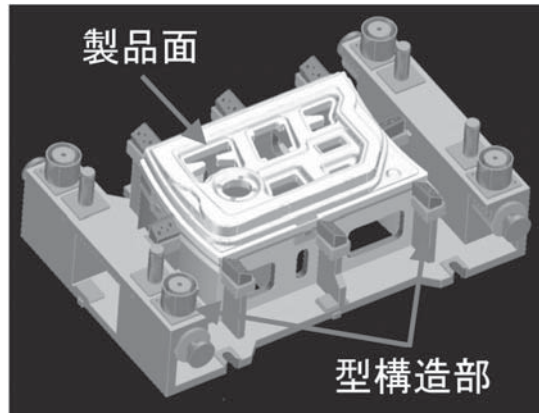


図2 型構造部と製品面

CAM工程では、各々の金型を加工するための加工データを作成し、そのデータを工作機械に与えて機械加工する。トライ・補正工程では、プレス機械による試し打ちが行われる。プレスしたパネルに、しわや割れが発生したときには、原因を追究して金型を修正、微調整する。金型を計測して原因を追究したり、金型を修正するために加工データを作成する。期待するパネル形状が得られたところで、その金型の製作は完了する。

2) NC加工とNCデータ

図1のCAM工程から機械加工工程までを少し詳しく見る（図3）。

NC加工（numerical control machining）とは、数値制御による機械加工のことで、切削工具の刃先の動作を座標値によって定義し、その情報を工作機械に内蔵されたNCコントローラに送り加工を行う。この情報のことをNCデータ（NCプログラム）という。NCデータは、工具軌跡である直線の始点と終点、あるいは円弧の中心点、半径、始点、終点を座標値と数値で記述している（図3）。NC加工に対し、人が手動で工作機械を動かす加工をマニュアル加工という。マニュアル加工は人のスキルに依存し、同品質の物を複数個製作することは難しい。

NCデータの基となる経路データ（工具軌跡データ）は、経路計算ソルバで計算される。このソルバは、CAMシステムの中で非常に大切なモジュールである。NCデータは、工作機械

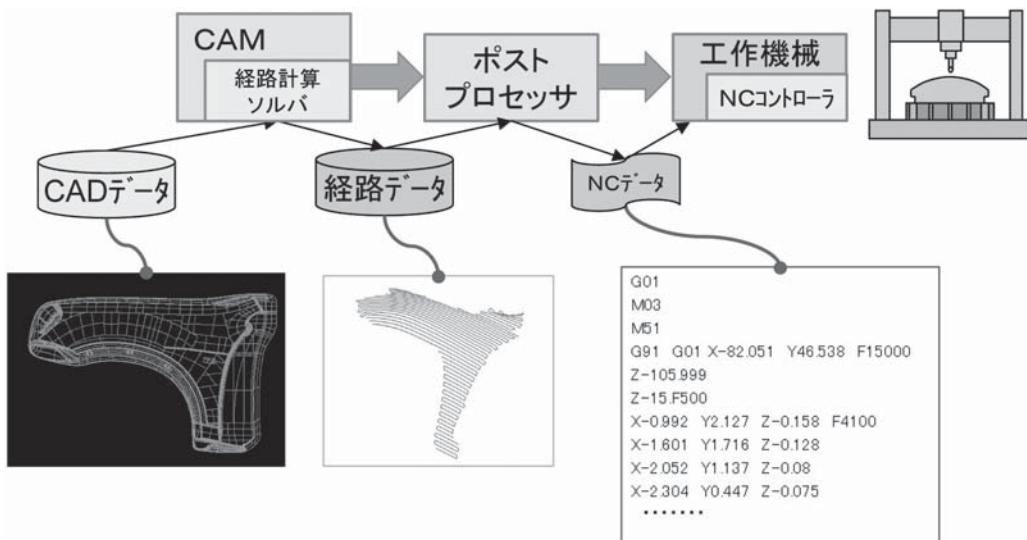


図3 経路データとNCデータ

毎に異なる場合が多いため、経路データをポストプロセッサによって、各工作機械向けデータに変換する方式が一般的である。

工作機械は、加工をしていく過程で、微小な移動命令を受けたり、急激な方向変換を指示されたり、工具に異常な負荷が掛かったときには送り速度（工具を移動する速度）を一時的に遅くする。また、工具が熱膨張してきたときには、その分工具を短くするなどの制御を行っている。これらはNCデータで指示した工具軌跡通りに加工するための補正であり、その監視と制御を行っているのが、NCコントローラである。この補正が稀に加工面品質に悪影響を及ぼすことがあり、CAMシステムにとって留意すべき要因である。

3. 日本ユニシスが提供してきた主要 CAD/CAM 商品の歩み

日本ユニシスが提供してきた主要な CAD/CAM システム、すなわち出荷順に UNICAD、CADCEUS^[3]、Dynavista^[4]、CADmeister、次期 CAM の特徴を表1に示す。本章では、形状表現の高度化、3D 経路計算の主な技術的テーマ、システムの統合、フレームワークと表示装置の観点から、CAD/CAM を支える技術的テーマがどのように変遷してきたかを記述する。

3.1 形状表現の高度化

CAD/CAM システムの最大の特徴は、物の形、すなわち形状を扱うことである。設計対象、加工対象の形状をシステム内に形状モデルとして持ち、人は画面を通してこの形状を操作（作成、変更、保存、削除、評価など）する。CAD/CAM システムは、表現する形状を順次精緻化し、かつ対象範囲を拡大していった。

1) 形状モデル

i) ワイヤフレームモデル (wireframe model)

物体の稜線を曲線、線分、円弧などの線で表す。UNICAD では型構造部の設計に使われた。表示装置の性能が高くない時代に、3次元の線で3次元形状を表現した。

表1 日本ユニシスが提供してきた主要な CAD/CAM システムの特徴

システム名	UNICAD	CADCEUS			Dynavista	CADmeister	
		UNIX 版	Windows 版	標準		次期 CAM	
特徴	本格的な 3 次元汎用 CAD/CAM システム	ソリッドモデリングを実現した CAD/CAM 一体システム			世界標準 CAD CATIA V5 ベース 金型設計製作ソリューション	日本のものづくりを支援する CAD/CAM システム	CADmeister ベースの CAM 強化版
初期出荷	1981	1991	1997	2003	2005	2014	
形状表現	ワイヤーフレーム	○	○	○	○	○	
	サーフェス	○	○	○	○	○	
	ソリッド		○	○	○	○	
	ボリューム				○	○	
CAM	穴・2.5D 加工	○	○	○	○	○	
	3D 加工 (経路計算の主テーマ)	(複合面加工)	(稜線経路の自動認識)	(加工面品質)	○	(加工負荷)	
	型構造部加工			○		○	
	プロファイル加工 加工シミュレーション				○	○	
CADCAM 一体システム	△ (CAM は別システム UVINAS+Sculptor)	○		○ (CATIA V5)	○	○	
表示装置	AGS 4145	AGS3200 AGS3400 AGS2000 AGS2000E	AGS8002 AGS8003	専用 GA	汎用 GA	←	←
表示方式	ランダム スキャン	ラスタ スキャン	←	←	←	←	←
グラフィック・ライブラリ	各表示装置別の専用ライブラリ		標準ライブラリ Phigs	標準ライブラリ OpenGL	←	←	←
OS	OS1100	UNIX		Windows	←	←	←
HW	メインフレーム	EWS	GWS	PC	←	←	←

ii) サーフェスモデル (surface model)

稜線に囲まれた部分に平面、曲面などを張り物体の表面形状を表す。CAM へ渡す加工対象形状は、サーフェスモデルでも十分な場合が多く現在でも利用されている。

iii) ソリッドモデル (solid model)

サーフェスモデルのそれぞれの面に対し、どちら側に立体が存在するかの情報を持たせたのがソリッドモデルである。

iv) ボリュームモデル (volume model)

ソリッドモデルは、表面形状を表すが立体の中身は詰まっていない。ボリュームモデルは、立体の内部にセルと呼ばれる立方体を詰め、立体表面を含むセルは三角形で表面形状を近似表現する。また、立体内部のセルには属性値を持たせることができる^[5]。

UNICAD は、ワイヤフレームモデルとサーフェスモデルを扱い、CADCEUS になりソリッドモデルが扱えるようになった。また、1998 年、業種別アプリケーションパッケージとして、プレス型構造設計支援 (Press Design) とモールド金型設計支援 (Mold Design) が提供され、ソリッドモデルの適用が本格化した。また、同年、金型コンソシアム (CPSS) が設立され標準部品のソリッドデータ提供が開始され、ソリッドモデルによる型構造設計は定着していった。CADmeister は、素材を表すためにボリュームモデルを採用している。

2) 素材モデル

上記 1) の iii) のソリッドモデルは、設計過程や加工工程のある時点の形状を表す。一方、CAM では、ボリュームモデルで、加工により刻々と変化する素材形状を高速に表現する素材モデルを使用する。

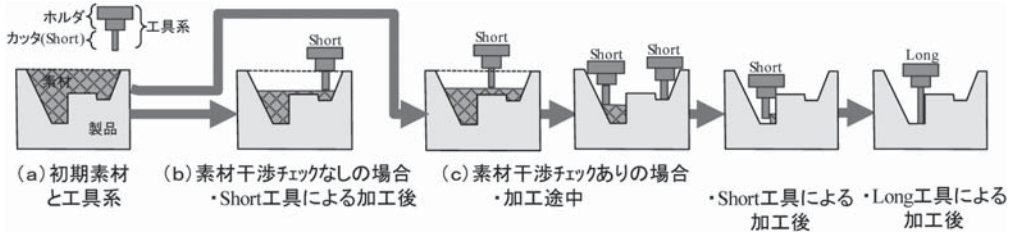


図4 加工途中の素材を認識した干渉チェック

図4は、切削途中の素材と工具系との干渉をチェックすることで、安全に切削できる範囲が大きく変わってくる例である。加工途中の素材形状が分からないとき(b)には、素材との干渉チェックができず、カッタ長さより深い箇所を安全に加工することはできない。加工途中の素材形状と工具系との干渉チェックができる場合(c)、より深い箇所まで安全に加工できる。これによって、剛性が高くより短いカッタで加工することで、精度良く高速に加工できる。

また、加工後素材と製品形状との差分を調べることで、加工残りを認識できる。次工程では、隅部の削り残しをより細かい工具で加工する。

さらに、加工途中の素材形状を認識することで、単位時間当たりの切削体積やその時点の取り代に応じて送り速度を制御することが可能になり、加工時間の短縮や過負荷レスに繋がる。ボリュームモデルのセルの属性値に材質(鋳鉄もしくは鋼材)を持たせることで、鋼材の組み付け加工などで問題となる、複合素材を加工する場合の送り速度制御にも、ボリュームモデルが役立つと考えている。

このように、素材モデルにより、現実世界の切削現象を捉えた「工作機械に優しい加工データ」の作成が可能になると考えられる。

3.2 3D経路計算における主技術的テーマ

加工するときの工具の動き(工具軌跡、経路、CLと呼ぶ)を見ると、穴をあける加工では穴の中心線上をドリルが上から下に移動する。これは1軸(Z方向)の加工である。平面上の形状を加工するときには、2軸(X方向とY方向)を動かす加工であり、2次元加工(2D加工)という。この平面を垂直方向(Z方向)に持ち上げ2軸の加工を順次繰り返すことを、2.5次元加工(2.5D加工)という。穴加工を、2.5D加工に含めることもある。

一方、自動車の外形状のような自由曲面上に沿って3軸(X, Y, Z方向)を同時に移動させる加工を3次元加工(3D加工)という(図5)。本節では、3D加工の経路計算に注目し、日本ユニシスの経路計算における技術的テーマの変遷を記述する。

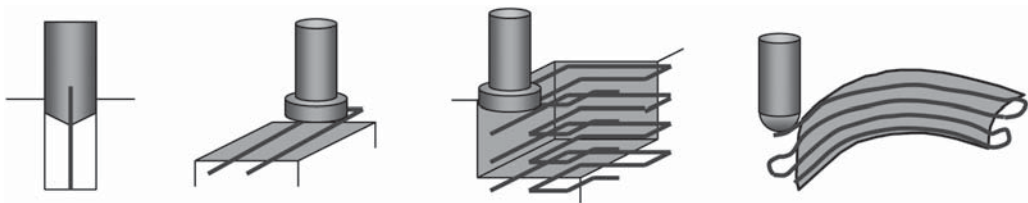


図5 穴加工, 2D加工, 2.5D加工, 3D加工

1) 複合面加工

初期の CAM システム (例えば APT. 4.2 節参照) は, 単一面しか加工対象面に指定できなかった. Sculptor になり, 連結する (離れていない) 面群を加工対象面として指定すれば, 面を跨いだ経路を作成することができるようになった.

2) 稜線経路の自動認識

CADCEUS では 3D 加工用経路計算ソルバが一新された. 加工対象全体を覆う直交 2 方向の スキャン切削用経路 (双方向スキャン経路) を求め, それを利用して 2 点接触位置を認識する方法 (図 6) が大きな効果をあげた. 例えば, それまでは稜線経路位置を示すガイド線を人が指定する必要があったが, 双方向スキャン経路から自動で, かつ漏れなく認識できるようになった.

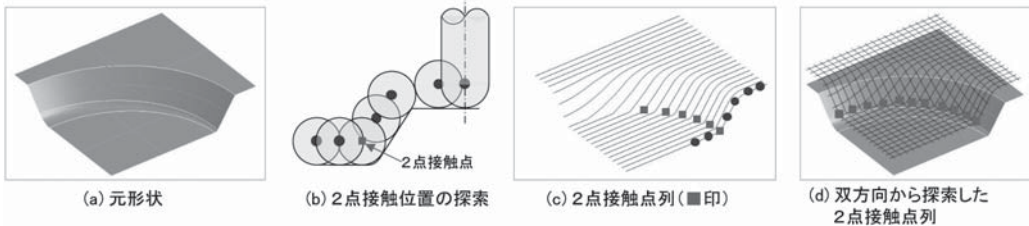


図 6 2点接触位置の認識

3) 加工面品質への取り組み

外板形状の加工においては, 従来より加工面上に意図しないスジ模様が現れることがあった. いわゆる加工面品質問題である. NC データの問題, 工作機械の問題など原因は様々であるが, NC データに起因する問題に対し, 経路点の最適配置法による改善を実施し効果をあげた. 2000 年代後半に Dynavista で実現した.

4) 加工負荷問題への第一歩

従来より, 経路計算では 2 次元オフセット処理が多用され, この一定距離オフセット処理により, 加工の観点からは望ましくない鋭角的な折れや島別れを持つ工具軌跡が発生していた. 次期 CAM では, オフセット距離に幅を持たせた可変距離オフセット処理 (図 7) を開発し, 滑らかな経路あるいは島別れの少ない経路を作成し, 急激な加工負荷変動を抑えることを実現した.

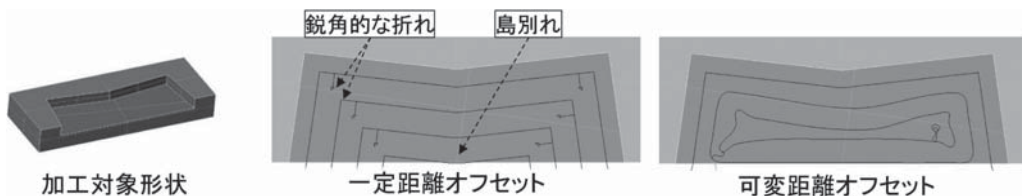


図 7 可変距離オフセット

ここで示した取り組み以外にも, 形状のパターン認識の高度化や複雑な加工現象のモデル化などにより, 経路計算の自動化を推進している.

3.3 システムの統合

UNICADでは、穴加工と2.5D加工はUNICAD/NCモジュールを、3D加工はSculptorを利用する必要があった。CADCEUSになり、CADとCAMが一体化し、共通のDBと共通のマンマシンインターフェイスになった。

Dynavistaは、仏ダッソー・システムズ社のハイエンド3D CADシステムであるCATIAと密結合したシステムであり、CATIAのCAD系やCAM系とマンマシンインターフェイスも統一された。また構造加工パッケージが統合され、構造部の設計と加工が属性連携された。

次期CAMでは、プロファイル加工パッケージも統合された(図8)。これにより、例えば、製品面とプロファイル面の粗取りを一気に加工し、その加工後素材を製品面の中仕上げとプロファイル面の中仕上げに引き継ぐことが可能になった。さらに加工シミュレーションおよび経路最適化も統合されたので、厄介なツールデータの変換や再入力が必要なくなった。ここまで統合化されている市販システムは、2016年10月時点では、他に類を見ない。

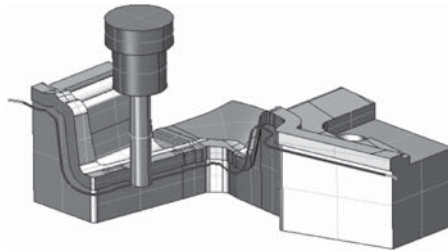


図8 3D プロファイル面加工

3.4 フレームワークと表示装置

CAD/CAMシステムでは、表示装置に表示した図形を移動拡大回転して設計、加工対象の形状を確認することで業務を進める。そこでは、高い表示品質とリアルタイムな表示応答性が必須であり、日本ユニシスはシステム稼働環境の変遷におけるどの時代でも最高のHW, FW, SWを統合し専用の表示装置を提供してきた(図9)。本節で説明する。

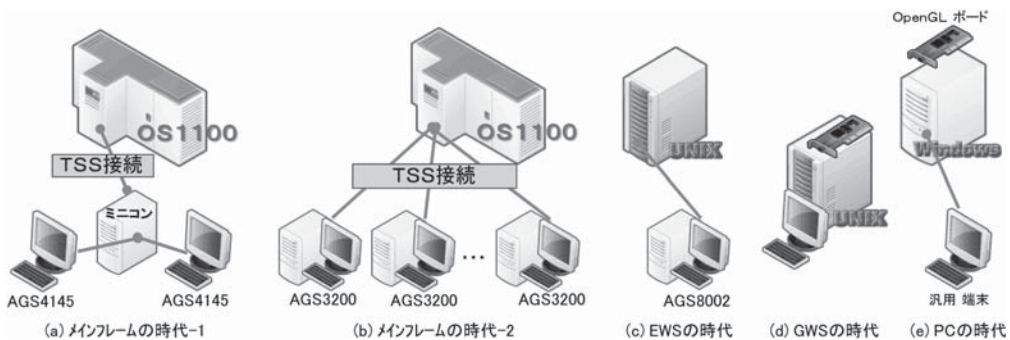


図9 表示装置の変遷

1) メインフレームの時代

1台のコンピュータをTSS (Time Sharing System, 時分割方式) 接続した複数端末で利用していた。

i) UNICAD4000

ランダムスキャン方式、フラット画面 CRT の高級型の表示装置である AGS4145 を利用した。フラット画面で細い線画を表示できるため、スタイルデザイン部門や CAM 部門 (NC データ確認) で有効であったが、データ量が増えるとちらつき (フリッカー現象) が発生することが欠点であった。リアルタイムな図形の表示操作を実現するために、ミニコン (当時の小型コンピュータ) を利用していた。1 台のミニコンで 2 台もしくは 4 台の表示装置を制御していた。

ii) UNICAD2000, UNICAD3000, UVINAS

製図システムを主眼に置いた UNICAD2000 は、AGS2000 を使用した。AGS2000 は初めて採用したラスタースキャン方式であり、フリッカー問題は解消され、また、カラー表示が可能になった。

3 次元 CAD であった UNICAD3000 は、AGS3000 シリーズを採用した。シェーディングができ、ダイヤルによる表示操作を表示装置側で処理すること (Local Viewing) で、リアルタイムな応答が得られた。

UVINAS も AGS3000 を採用し、線色による経路の区別ができ、シェーディングとローカルビューイングが複雑な経路確認に威力を発揮した。

2) EWS (Engineering WorkStation) の時代

強力な計算パワーと専用表示装置 AGS8002, AGS8003 を、一人のユーザが占有できる環境が当たり前になった。複数のユーザが TSS 経由で 1 台のメインフレームを利用する環境から大きく変わった。

3) GWS (Graphics WorkStation) の時代

強力な計算パワーを持つ EWS と表示パワーを持つ専用表示装置を一体化した GWS が登場し一時代を築いた。

4) PC の時代

Windows と OpenGL の普及に伴い、汎用の OpenGL ボードが急速に発展し、CAD/CAM 向けに専用表示装置を独自提供する必要性はなくなった。現在では、ノート PC で CADmeister を起動し、マウスでリアルタイムに表示操作できる程まで技術は進歩した。

4. 日本の自動車メーカーの造型分野における日本ユニシスの取り組み

1950 年代以降を 10 年代ごとに七つの時代に分け (表 2)、それぞれの時代背景の中で日本ユニシスが歩んできた多岐にわたる先端的な取り組みと、日本の自動車業界の動向を紹介する。

表2 日本の造型分野における日本ユニシスの取り組み

年代	日本ユニシスの取り組み		背景	
	動向	商品提供	日本の自動車業界	海外の技術動向
1950年代	(米国でCAD/CAMの基礎技術が芽生える)			ENIAC (1946) APT (1956)
1960年代		APT1100 (1965)	コンピュータによる技術計算始まる 型作りのNC化	SKETCHPAD (1963) 航空機、自動車メーカーが 独自CADシステム開発
1970年代	自動車メーカーによる プレス金型加工システム の開発に参画	ライブラリ提供 GEOPACK (1979) VESPER (1977)	各社が独自にCAD/CAM開発始める	立体モデル表現の研究 (TIPS, Brep)
1980年代	3次元CAD (サーフェスモデル), 3D CAMを提供	UNICAD (1981) SCULPTOR (1982) UNICAD/NC (1984) UVINAS (1988)	各社は独自CAD/CAMを実用化 高速加工が本格化 データ交換の日本自動車工業会規約 JAMA-IS (1992)	CADデータ交換のANSI規格 IGES (1981)
1990年代	オープンシステムによる CAD/CAMシステムの普及	CADCEUS/UNIX (1991) CADCEUS/Win (1997)	各社は 市販CAD/CAMへ移行 ソリッドモデルの実用化	製品モデル交換のISO規格 STEP/AP203 (1994)
2000年代	グローバル生産体制 への対応	CADmeister (2005)	リポート型製作	
2010年代	日本のものづくりを支援する CADmeister/次期CAM を提供	次期CAM (2015)	Dynavista (2003)	

4.1 米国でCAD/CAMの基礎技術が芽生える^[6] [1950年代～1960年代]

日本ユニシスがCAD/CAMシステムを提供する前、米国においてCAD/CAMシステムの基礎技術が開発された。

1) APTとSKETCHPAD

1946年、「最初のコンピュータ」ENIACが発表された。その10年後の1956年、MITでNCデータを作成するためのSWであるAPT (Automatically Programmed Tools, アプト)が開発された。APTは、最初のCAMシステムである。

1963年、現在のマウス操作と同じように画面を通してコンピュータと人が対話することで、図形を操作するSWであるSKETCHPADがI.E.Sutherlandによって発表された。

2) 航空機メーカー、自動車メーカーによるCAD/CAMシステムの開発

1960年、Boeing社のJ.C.FergusonがNCデータ作成用の曲面演算プログラムを実用化した。

1963年、General Motors社がDAC-1 (CADシステム)を開発した。

1967年、Lockheed社がCADAM (2次元CAD)を開発し、その後市販化された。

4.2 米国製のAPTを日本に導入 [1960年代後半]

1) 背景

1960年代後半、日本ではコンピュータが普及し始め、自動車、造船などの先進企業で強度や性能などの技術計算や、NCデータ作成に利用され始めた。

2) APT1100の提供

NCデータを作成するには、工具の軌跡を座標値列 (図3)として求める必要があり、煩雑な手計算が行われていた。これをマニュアルプログラミングという。これに対し、APTは、

図 10 に示すように工具が移動する軌跡を図形（直線，円弧，直線と直線の交点，直線と円の接点など）として定義すれば，各々の座標値をシステムが自動で計算してくれるため，自動プログラミングと呼ばれた^[8]．図 10 で PRTSRF に曲面を指定すると，NC プログラムの Z 値は工具が曲面に接する位置になり，指定曲面を加工する NC プログラムになる．

日本ユニシスは，米国ユニシスが提供する APT1100 を日本に導入した（1965 年）．造船メーカーや工作機械メーカーでは部品加工用の NC データ作成に APT1100 を使用した．

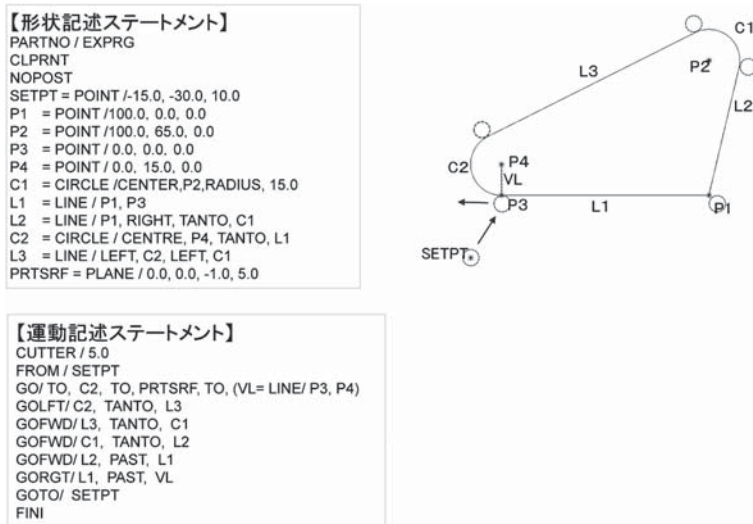


図 10 APT の NC プログラム（パートプログラム）のイメージ

4.3 自動車メーカーによるプレス金型加工システムの開発に参画 [1970 年代]

1) 背景

APT の自動プログラミングにより NC 加工の利用は大きく改善されたが，自動車の外板形状など，3次元形状の加工データ作成には不十分であった．例えば，曲面形状は $M \times N$ 個の点群から定義できたが，断面形状からの曲面定義，2 曲線間を直線が繋ぐルールド面定義などはできなかった．また，現在の CAM のように，スキャン経路を領域全体に 0.5mm ピッチで作成することもできず，スキャン経路 1 本 1 本をパートプログラムで定義する必要があった．

2) 自動車メーカーによる独自のプレス加工システムの開発

日本の自動車メーカー各社は，利用できる市販システムがないため，独自にシステムを開発する方向に動いた．最初に手がけたのはプレス金型加工用の NC データ作成システムであった^[8]．それらのシステムは，次の特徴を持っていた．

- ・ APT 言語準拠の NC プログラム作成システム
- ・ 曲面定義のレパートリが増えた
- ・ 領域内を埋め尽くす工具軌跡を一括定義できた

これらのシステムの利用形態を図 11 (b) に示す．

3) 日本ユニシスの提供商品

日本ユニシスは，複数顧客の専用プレス金型加工システム開発に参画することができた．その中で蓄積した知識と経験に基づき，CAD/CAM システムで共通的に必要なライブラリ，ツ-

ルを商品化し販売した。例えば、GEOPACK (図形処理ライブラリで曲線と曲線との交点計算, 線の回転移動拡大計算など), GS シリーズ (グラフィックライブラリ), VESPER (NC データの検証ツール) を提供した。当時, NC データはプロッタで図面出力して検証した。その後, ホストコンピュータに接続するストレージ型のグラフ端末 (AGS5 や AGS14) が出現し VESPER が利用された。

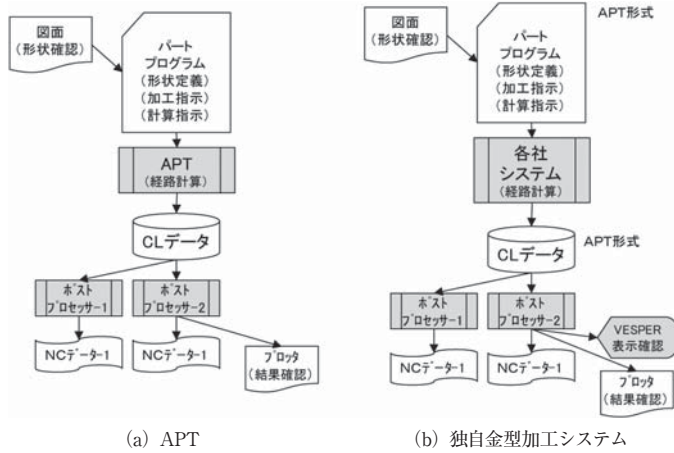


図 11 1960 年代～ 1970 年代のシステムにおける操作の流れ

4.4 3次元 CAD (サーフェスマodel), 曲面 CAM の商品提供 [1980 年代]

1) 背景

自動車メーカー各社は, 専用 CAD/CAM の開発を継続していた。車体開発工程全体にわたるシステムが開発され, 3D CAD/CAM システムの適用が本格化した。CAM では, グラフィック端末から, CAD で作成された加工対象形状を取り込み確認し, 加工指示することができる会話型の専用 CAM システムが登場した (図 12(a))。しかし, CAD と CAM との統合はまだ実現されない。

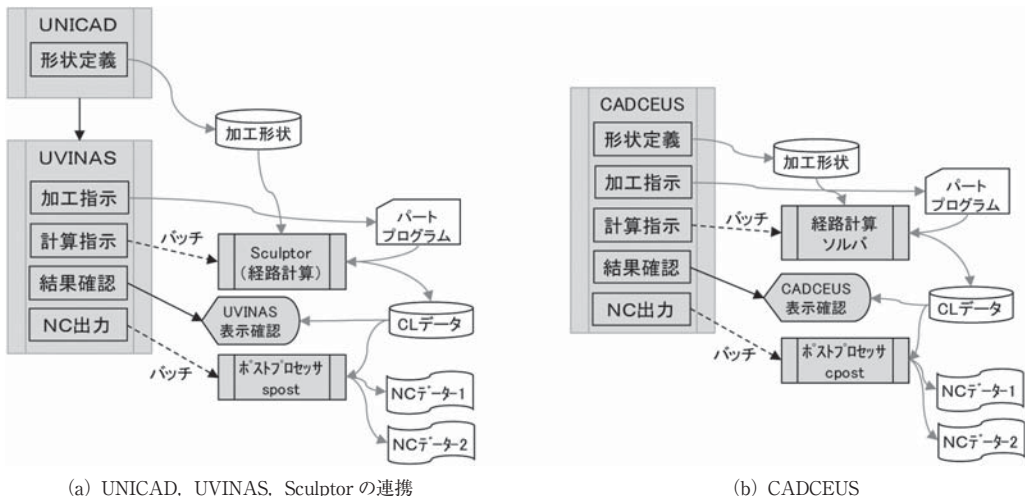


図 12 1980 年代～ 1990 年代以降のシステムにおける操作の流れ

2) 複合曲面加工と会話型 CAM システムの登場

複数の面群すなわち複合面*¹で表現された加工対象形状を扱う Sculptor を提供した (1982 年)。当時市販システムとしては先進的であった複合曲面加工を実現し、また経路計算の安定性と多様な加工パターンが顧客に受け入れられ、急速に拡販された。

3 次元汎用 CAD システム UNICAD (1981 年) は、サーフェスモデルを操作できた。他システムから IGES 経由で加工対象データを取り込み確認し、フィレットを付加し加工対象形状とした。次に、UVINAS (1988 年提供開始) から会話操作で加工指示から NC 出力まで行い NC データを作成した。

4.5 オープンシステムによる CAD/CAM システムの普及 [1990 年代]

1) 背景

日本の自動車メーカ各社では、3 次元設計、ソリッド設計が実用化された。また、UNIX と Windows というオープン化も手伝い、サプライヤおよび金型メーカへも CAD/CAM が適用拡大し普及した。加工の分野では、高速加工の適用が進み、ピック方向ピッチ (経路間ピッチ) を小さくした加工が行われるようになった。

2) サプライヤ向け CAD/CAM システム

トヨタと日産は自社システムをベースとして、サプライヤ向け CAD/CAM システムを UNIX 上に開発し提供開始した (1987 年)^{[8][9]}。日本ユニシスはこれらのシステム開発に参画し、UNIX 上の実用システム構築の技術を蓄積した。

3) ソリッド設計

日本ユニシスは、独自開発したソリッドモデラーを実装した CADCEUS を、1991 年に初期出荷した。その後も改良を重ね、多くの顧客で利用され、現在でも CADmeister 上で利用されている。また、パラメトリックモデリングの技術も実用化された。

ソリッド設計が進み金型のソリッドモデルを利用できるようになり、機械加工工程で与える鋳物素材を作成するための発泡スチロールモデルの製作法が変わった。専用の CAD 機能、発泡材から発泡スチロールモデルを削り出す CAM 機能を装備した FMCAM が提供された。図面読み取りに比べ、大幅な工数削減と精度向上に寄与できた。

4) オープン化

UNICAD はメインフレーム上のシステムであったが、CADCEUS はオープン市場への参入であった。最初は UNIX 上で実装され、1991 年に UNIX 版が出荷された。1997 年には Windows 版が出荷された。1991 年に初期出荷された汎用 3 次元 CAD/CAM システム CADCEUS は、国内外で約 15,000 シート*²を獲得、国内金型業界 No.1 のシェアを獲得した。

5) CAD と CAM を統合

CAD と CAM が統合され (図 12(b)) 操作性も一段と向上した。2.5D 加工と 3D 加工の CAM も統合された。ポストプロセッサも新 cpost が開発され 2.5D と 3D の混在工程で共用可になった。

6) 高速加工に適した経路

3D 加工の経路計算ソルバの基盤が新規開発された。狙いは、高速高精度加工に対応する NC データ提供であった。計算モデルの高精度化、干渉しないエアークットの最小化、滑らかな接近離脱ピックフィード動作などが実現された。

4.6 グローバル生産体制への対応 [2000年代]

1) 背景

2000年代に入り自動車のグローバル生産体制は本格化していく。自動車メーカー各社は、1990年代後半、自社開発CADシステムから市販CADに移行した。その理由は、第一に、ソリッドモデルへの対応など最新のCAD/CAM技術開発をCADベンダーに任せられる、第二に、市販CADを採用することでサプライヤ（特に海外のサプライヤ）とのデータ交換が容易になることだと言われていた^[10]。市販CADへの移行が進むと、自動車メーカーが採用する市販CADは集約されていった。すなわち、CATIA, Unigraphics, Pro/Engineerに集約され、グローバルCADと呼ばれるようになった。

2) 金型設計製作ソリューション Dynavista

グローバルCADは、製品開発分野を主に対象としていたため、CADCEUSの金型設計製作の機能をCATIA上に構築してDynavistaとしてグローバルに提供した。

3) CAM

CADとCAMの属性連携により、型構造加工データ作成の自動化が市販システムでも実現された。DynavistaのDie Structure Design（プレス型構造設計支援モジュール）で型構造を設計しているとき、部品の取り付け部などに加工属性が付与される。Die CAM 2.5D（金型構造部加工モジュール）は、この加工属性を手掛かりに加工技術ファイルに登録されている加工手順や工具情報を入手して、指定された加工法で干渉しない加工データを自動作成する。

4) リピート型製作

グローバル車種*3の海外生産拠点が拡大すると、できるだけ同時期に同品質で量産を開始すること（世界同時立ち上げと呼ばれる）が課題となった。日本でマスター金型を作成し、それを再現可能なマスターデータ（CADデータとNCデータ）を作成して海外生産拠点に供給する方法や、オリジナル型の初期品質を大幅に改善し、かつトライ結果を次のトライに反映し易くする仕組みを作り、2番型以降の製作にも反映する方法が実用化された^[11]。これらを支えたのは、計測技術、計測データをCADモデルに反映する技術、加工面品質を向上させ磨き作業を不要にする技術であった。このようなリピート型製作技術が注目されたのもこの時代の特徴である。

4.7 日本のものづくりを支援するCADmeister/次期CAMを提供 [2010年代]

経済産業省が推進した国家プロジェクトの「デジタル・マイスタープロジェクト」から生まれ、日本の「ものづくり」の競争力向上を支援するために開発されたCAD/CAMソリューションがCADmeisterである。CADmeisterには長年の先進的な顧客専用システム開発および商品開発で培った最先端技術と豊富な経験が活かされている^[12]。CADmeisterは、日本ユニシス・エクセリョーションズ株式会社よりリリースされている。

日本ユニシスは、最新のWindows 64bit OS、マルチスレッド・アーキテクチャーに対応し、大規模データでの高速ビューイング、処理効率向上を達成していたCADmeisterを、次期CAMプラットフォームに選択し、十年先を見据えたCAMシステムを構想、開発し、2014年に初期出荷した。

5. お わ り に

CADmeister ベースの CAM 機能強化版としての次期 CAM を提供して 2 年が経過した。実際に適用した効果も現れてきている。次期 CAM が魅力的な商品であり続けるために、日本ユニシスは基礎研究を継続実施し、時代の最新の IT リソースを取り入れた機能提供を行う予定である。このような継続的活動をベースとして、今後多くのユーザのものづくりを支援していく所存である。

-
- * 1 隣接する曲面が位相情報で結合された意味での複合面はまだ実装されておらず、隣接する曲面群の集合としての複合面である。
 - * 2 CAD 端末数。
 - * 3 グローバル車種とは、基本的なスタイルや部品は共通で、現地の法令や趣向に合わせて部分的に変更され世界規模で生産販売される車種のことである。

- 参考文献**
- [1] 岩佐大輔, 「BIM としての住宅 CAD システム “DigiD”」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.32 No.3 通巻 114 号, 2012 年 12 月, p.77-85.
 - [2] 株式会社オギハラ, 「プレス金型とは」, 「プレス金型の製作工程」, <http://www.ogihara.co.jp/index.html>
 - [3] 酒井喜嗣, 「CADCEUS の概要」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.14 No.4 通巻 44 号, 1995 年 2 月, p.3-14.
 - [4] 松林毅・金沢淳一・長岡紀, 「次世代造型支援システム Dynavista」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.23 No.4 通巻 80 号, 2004 年 2 月, p.65-81.
 - [5] 加瀬究, 「次世代のものづくりの基盤『ポリウム CAD』を開発する」, 理研ニュース, 理化学研究所, No.285, 2005 年 3 月, p.2-4.
 - [6] 日本ユニシス編, 「共立総合コンピュータ辞典第 4 版」, 共立出版 (1994).
 - [7] 沖野教郎, 「NC 自動プログラミング」, 精密機械, 41-3 (1975), p.208-212.
 - [8] 「トヨタ自動車 75 年史—資料で見る—自動車事業—生産・生産技術・物流・調達—生産技術—車両—プレス」, トヨタ自動車, 2012.11.
<https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/index.html>
「トヨタ自動車 75 年史—文章で読む—第 1 部第 2 章第 7 節第 7 項 電子計算機の導入 電算機の設計・生産部門への利用—CAD・CAM システムの開発・導入」, トヨタ自動車, 2012.11.
http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section7/item7_a.html
 - [9] デジタルプロセス株式会社, <http://www.dipro.co.jp/company/details.html>
 - [10] 「自社開発から市販 CAD 導入へ—IT 化の役割分担が変化」, 日経デジタルエンジニアリング, 日経 BP, 2002.10, p.82-85.
 - [11] 「製品開発プロセスと金型—設計も製造も期間短縮 データの活用がカギに」, 日経ものづくり, 日経 BP, 2007-10, p.64-68.
 - [12] 岩倉啓修, 「日本ユニシス・エクセリョーションズのプロダクト全体説明」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.32 No.3 通巻 114 号, 2012 年 12 月, p.3-10.

執筆者紹介 藤 井 省 (Satoru Fujii)

1977年日本ユニバック(株)入社。同年より製造業・官庁の顧客システム開発に従事。1981年よりCAD/CAM分野を担当し、商品開発、顧客システム開発、および商品適用サービスに従事。2016年9月退職。



長 岡 紀 (Tohru Nagaoka)

1989年年日本ユニシス(株)入社。同年よりCAD/CAMシステムの開発に従事。現在 製造システム本部エンジニアリングシステム一部に所属。



小 川 隆 則 (Takanori Ogawa)

1991年中部ソフト・エンジニアリング(株)(2015年日本ユニシス(株)に合併)入社。同年よりCAD/CAM分野を担当し、商品開発、顧客システム開発および商品適用サービスに従事。現在、製造システム本部トヨタ統括部エンジニアリングシステム部に所属。

