

解説



自動車工業における CAD/CAM†

水谷 聡††

1. ま え が き

昭和54年4月に発表されたGMのXカーは、昭和55年以降の小型車戦争（燃費戦争）の幕あけを意味し、6月のOPECによる1バーレル20ドル宣言は、第2次石油ショックとしてこの小型車戦争にさらに拍車をかける結果となった。自動車産業をとりまくこのような環境変化に対応して、これまでも電算機を用いて直接的／間接的に業務の効率化を進めてきた我々情報処理部門の人間が、さらにどのような方向をめざして努力すべきかを、従来にも増して真剣に考えるべき時期にさしかかってきている。

企業内における電算機の利用範囲としては、経理、生産管理、人事……と多岐にわたるであろうが、前述の環境下で今後のカギとなるものの一つにCAD*/CAM**

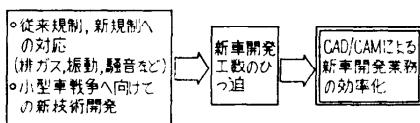


図-1 CAD/CAM のニーズ

表-1 CAD/CAM の役割

情報システム	軽量化	燃費改善策	ボデー開発工程の CAD/CAM (構造解析を含む)		機能部品の CAD/CAM (構造解析やシミュレーションを含む)		その他 (ラボラトリ・オートメーションなど)	
			軽小型化	材料改善	F.F.* 化	燃費効率向上	空力抵抗低減	まさつ損失 〃
			○	○	○	○	○	○
			○	○	○	○	○	○
			○	○	○	○	○	○
			○	○	○	○	○	○
			○	○	○	○	○	○
			○	○	○	○	○	○

* F.F.=Front engine Front drive

† CAD/CAM in Automobile Industry by Satoru MIZUTANI (Information Systems Department of Toyota Motor Co., Ltd.).

†† トヨタ自動車工業(株)電算部

* Computer Aided Design 電算機の助けによる設計

** Computer Aided Manufacturing 電算機の助けによる製作

があろう。(図-1、表-1 参照)

より良い品をより安くよりタイムリに顧客に提供するためには、電算機の利用可能な分野でこれをツールとしてうまく使いこなし、新製品開発の期間短縮、工数低減、品質向上を実現していくことが重要となる。

この小文では、(エンジン、足まわりなど機能部品を除く)ボデー開発工程の各分野における当社および他社のCAD/CAMの実例を紹介し、併せて今後の方向にもふれてみたい。(図-2に当社におけるボデー開発工程とその援助システムの現状を示す)

2. 企画・デザイン分野における現状

車両企画を行う場合、競合する国内外の車の外形および室内形状寸法情報が重要な参考データとなる。この車両企画段階を援助するものとして当社では「車内外形状寸法情報検索システム」がある。(図-3に例を示す。これは、シートの位置や傾きに対して、標準体位の人間の眼の位置が動く範囲——図中〇で示したもの——を求め、視界をささぎるものがないかどうかをチェックする例である。図中の十、一印は諸装置の位置を示す。)

また、デザイン段階での重要なものとして国内外の各種法規への適合性確認がある。これには、外部突起、計器盤視認性、直接／間接視界のチェックなどがあるが、いずれも3次元的なチェックが必要で、これを図面で行うのは大変である。当社では、この部分にグラフィックスを用いた対話型システムを適用し、業務の効率化をはかっている¹⁾。(図-4に例を示す。これは、運転席から見たときに、ハンドルがメータ類の視認をじゃましないかどうかをチェックする例である。)

さて、デザイナーの意図するアイデアは実物大のクレイ・モデルとして表現され、トップの審査を受けるのであるが、これが承認されたのちのプロセスへの電算機導入は、現在では広く行われている。すなわち、後

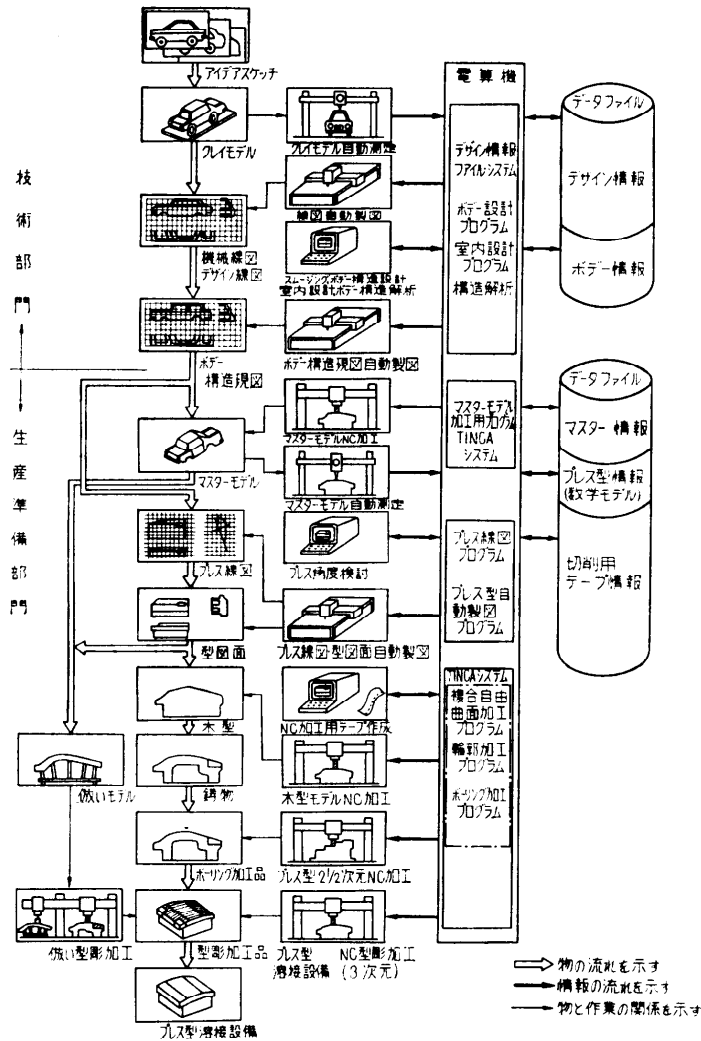


図-2 当社におけるボデー開発工程とその援助システムの現状

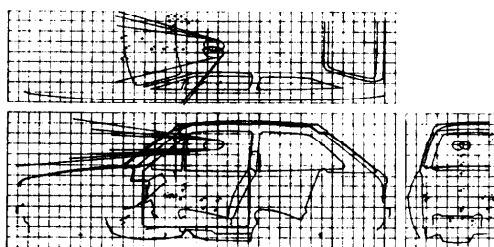
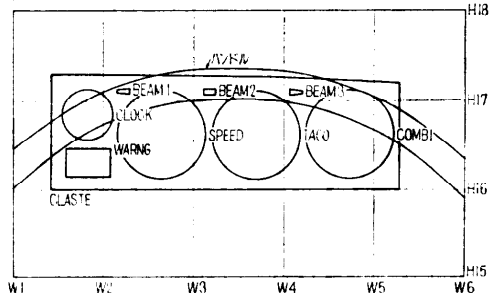


図-3 室内配置検案例

KEIKIBAN NO SHININSEI



PARAMETER DUMP
 = STEERING DATA =
 CENTER(L,W,H) = 1981.0 340.0 1639.0
 SLOPE ANGLE = 24.3 0
 STEERING TYPE = CIRCLE
 RA, RB, GRIP = 171.0 171.0 19.0
 = CLUSTER DATA =
 CENTER(L,W,H) = 1690.0 363.0 1662.0
 SLOPE ANGLE = 0 0
 = EYE POINT DATA =
 LEFT(L,W,H) = 2237.5 302.0 1932.0
 RIGHT(L,W,H) = 2237.5 367.0 1932.0

図-4 計器盤視認性検討例

工程への情報媒体としてのデータベース（ここでは車体外形情報のみ）作成や、デザイン線図作成の機械化がそれである。

今後の方向としては、インパネ、トリムなど数多い部品の CAD や、人間工学的研究に基づく室内配置計画における最適設計、さらにはアイデア段階（デザイン初期段階）での形状設計への適用などがあげられるであろう。

3. ボデー設計分野における現状

当分野では、デザイン段階で決められた車体外形情報に種々の構造的情報を付加して、車体を構成するプレス部品や機装部品、内装部品の形状を決めることが主業務である。

そのプロセスは大きく次の三つに分れる。

① 計画・検討段階

デザインで決められた外形に部品の境界（例えばフェンダーとドアの境界）を定めたり、部品の断面形状を決めたり、互いの干渉をチェックしながら配置を決めたりする。一例として、図-5 に、蓄積管型グラフィックスを用いた、ハード・トップ車のクォータ・ウィンドウ・ガイド検討例を示す²⁾。これは、クォータ・ロック・ピラーやホイール・ハウスなどの干渉を避けながら、かつ、ベルト・ライン部フランジとのすき間をできる限り一定に保ちながらウィンドウ・ガラスが昇降するための最適ガイドの位置を、グラフィックス上で試行錯誤により求める例である。

② 現図段階

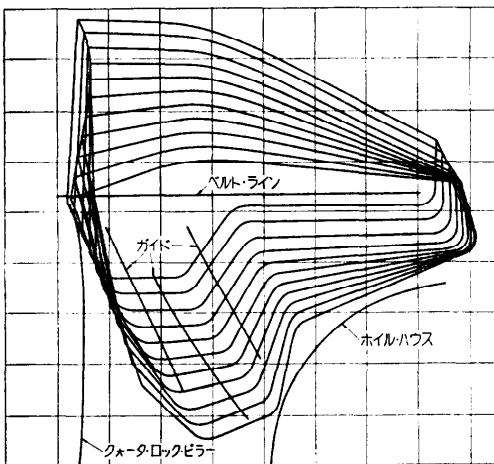


図-5 クォータ・ウィンドウ・ガラス軌跡側面図

計画・検討段階で決められた構造情報をデザイン線図の上に描き加え、車全体の構造を表わす現図を作成する。

③ 製品図段階

完成した現図から部品ごとに外形線・構造線を写しとり、各種寸法や製造上の指示事項を記入した製品図を作成する。

この中で、特に②、③は従来おびただしい工数をかけて行われていた。しかし、現在では、この部分にグラフィックスを用いて対話的に現図や製品図を作成する CAD システムがほぼ定着しつつある。図-6 にその対象部位、図-7 に構造線も付加されたリヤ・ドアの透視図、図-8 に日産自動車工業(株)における CAD II システムの構成図を示す³⁾。今後の方向としては、

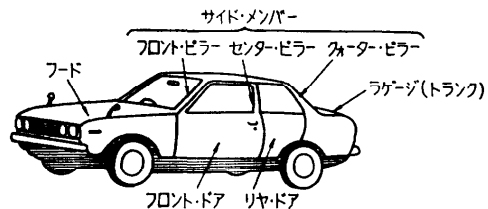


図-6 ボデー設計 CAD システムの対象部位

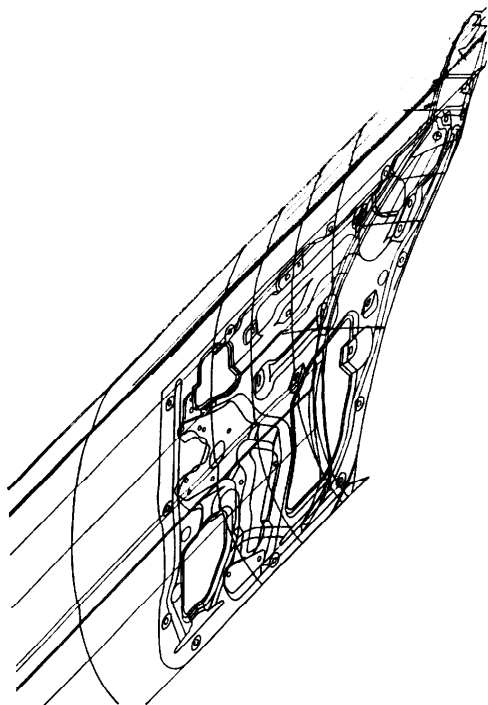
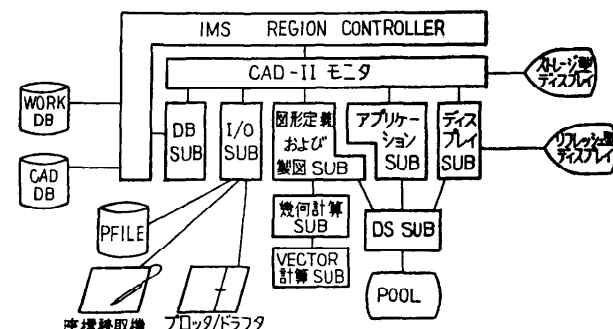


図-7 リヤ・ドア透視図の例



IMS: IBM社製のDB入出力用ソフトウェア(INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM)

図-8 日産自動車工業(株)における CAD-II システムの構成

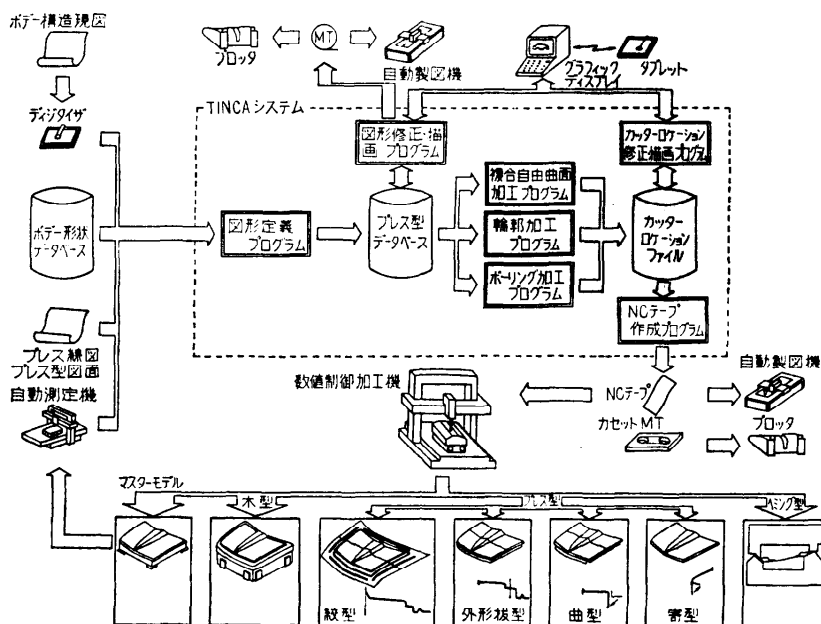


図-9 TINCA システムの処理形態

CAD の対象部位拡張とともに、①の段階への適用が重要となってくるであろう。

4. 生産準備分野における現状

当分野は図-2 に示したマスターモデル製作からプレス型・溶接設備製作までのボデー開発工程の他、塗装・組立工程の設備計画・導入など広範囲にわたっている。したがって電算機の利用も可能なところから着実に行われ、その歴史も古い。

当社でも、マスターモデル、プレス型製作分野の

NC (数値制御) 加工は昭和 40 年から着手し、現在では TINCA* (複合自由曲面、輪郭、中ぐりフライス等各種 NC 加工用大規模ソフトウェア) として集大成し、実用化している⁹⁾。

NC 加工は、マスターモデル、プレス型製作工数低減、期間短縮、品質向上の有力な武器となっている。

写真-1 にプレス型 NC 加工例、図-9 に TINCA の処理形態を示す。また、TINCA の開発・運用を通じて、同業務の効率化の必要性を痛感し、ソフトウェア・ツール SMARTS** の作成⁹⁾、電算機運用の眼で見る管理などを行い、当社の「トヨタ生産方式」に沿った電算機利用方式の定着をはかっている。

* Toyota Integrated Numerical Control Approach

** System Management And Report Transcription System



写真-1 プレス型 NC 加工例

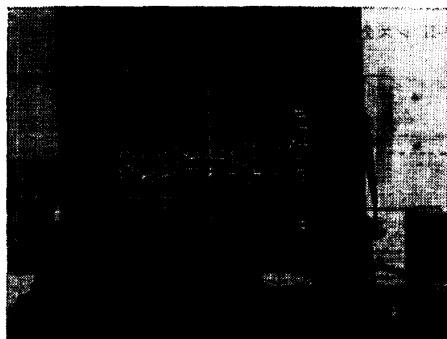


写真-2 グラフィックスによるプレス方向検討例

今後の方向としては、NC 加工の適用範囲をより一層拡大するとともに、前工程であるプレス型設計業務の CAD 化が重要な課題となろう。プレス型設計 CAD は、プレス方向の検討(写真-2)や、プレス型固有の曲面の設計(図-10)、プレス型構造の設計などが中心となる。この CAD 化により、プレス型設計情報のデータベースが構築され、NC との情報授受、図面作成が迅速・確実にできるようになるであろう。また従来から難しいとされているプレス成形技術も、電算機

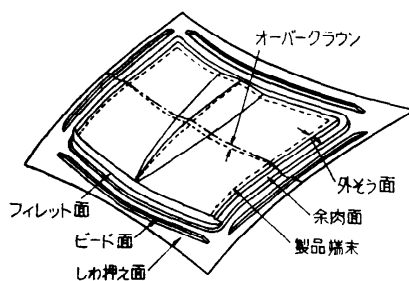


図-10 プレス型固有の曲面(フードの例)

利用により定量的把握が徐々に確立されるであろう。

この他、塗装・組立工程への電算機利用も、近い将来本格的に開始されるであろう。

5. 構造解析利用の現状

ボデー開発工程への構造解析の利用は、

- ・デザイン……デント*, はり剛性**の検討
- ・ボデー設計…座屈現象や振動現象の解析
- ・型設計………プレス成形性の検討

などが主なものである。

これらの解析や検討は、低燃費化のニーズから車体の軽量化をはかるときに必要なものであり、今後、車体材料や設計手法の進歩に伴って、構造解析手法はますますツールとして重要なものになってくるであろう。

さて、構造解析の場合、本体となる解析プログラムに、いかにプリ・プロセッサ(データ準備)とポスト・プロセッサ(出力処理)を付加充実させるかが、利用技術の充実とともにポイントになる。当社では、昭和49年に NASTRAN*** を導入して以来、プリ/ポスト・プロセッサの開発に力を注ぎ、現在、VESTA****

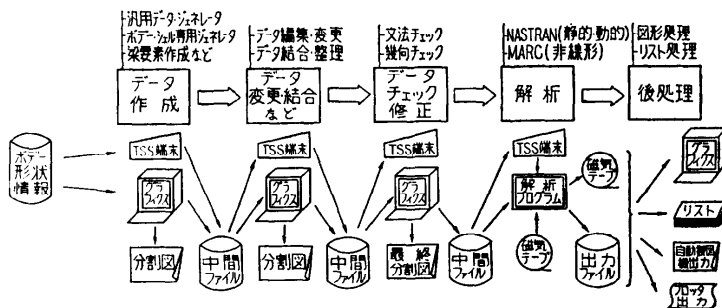


図-11 トヨタ構造解析システムの処理形態

* 鋼板に集中荷重を加えた時におこる永久変形

** 鋼板に集中荷重を加えた時の弾性変形(べこつき)のおこしにくさ

*** NASA Structural Analysis Program 米国航空宇宙局で開発された汎用構造解析プログラム

**** Vehicle Structural Analysis System

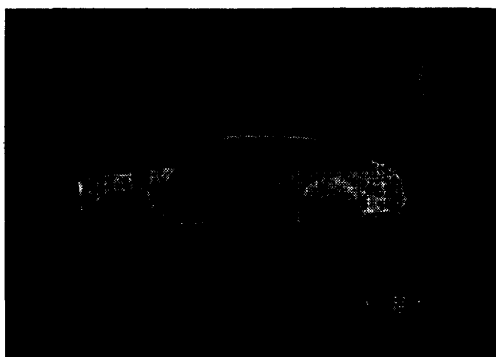


写真-3 構造解析モデルの例

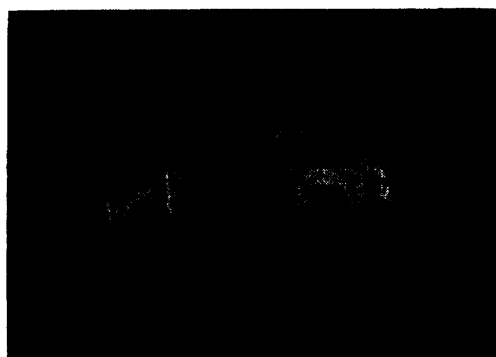


写真-4 ボデー変形の表示例

システムとして集大成している⁶⁾。(図-11, 写真-3~5 参照)

現在では MARC* を導入して前述のデント, はり剛性など非線形の解析も進めている。

今後の方向としては, 解析精度の向上, データ自動作成プログラム(特に車体解析用)による解析期間の短縮をはかりながら, 利用範囲をさらに広げていくことが重要であろう。

6. む す び

以上, 自動車のボデー開発工程における CAD/CAM

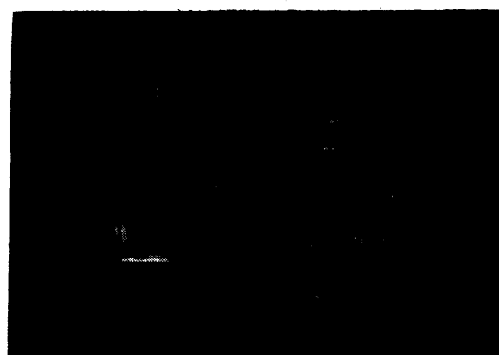


写真-5 応力の表示 (クォーター・パネルの例)

表-2 ボデー開発工程 CAD/CAM に要求される技術・機能

分 類	項 目	CAD				CAM		完成した技術	研究・開発中の技術
		スタイルデザイン	ボデー設計	構造解析	型設計	型加工	加工管理		
入出力処理	問題向き言語	○	○	○	○	○		○	
	グラフィック・ディスプレイ	○	○	○	○	○	○	○	
	タブレット		○	○	○	○		○	
	ドラフタ形式入出力装置		○	○	○	○		○	○
	自動製図機	○	○		○	○		○	
データベース	インタフェース技術	○	○	○	○	○	○		○
	曲面構造データベース	○	○	○	○	○		○	
	3次元物体構造データベース			○	○	○			○
	設計基準データベース		○	○	○				○
	加工基準データベース					○			○
CAD/CAMの固有技術	カッターパス・データベース					○	○	○	
	加工管理データベース					○	○		○
	曲面表示	○	○	○	○	○		○	
	スムージング, フェアリング	○		○				○	
	3次元物体表現			○	○	○			○
	幾何演算		○	○	○	○		○	
	陰線, 陰面処理	○	○	○	○			○	
CAD/CAMの固有技術	材料力学計算		○	○	○				○
	カッターパス計算					○		○	
	カッターパス編集					○		○	
	加工管理技術						○	○	○
	DNC 利用技術						○	○	

* MARC 社で開発された非線形構造解析プログラム

の実例および今後の方向をスナップ的にのべてきたが、これを電算機関連技術という観点から整理してみたのが表-2である⁹⁾。入出力処理の部分は、ハードウェアの進歩に依存するところも大きく、特にグラフィックスに関しては、CAD/CAM に必要、不可欠な周辺機器としてさらにコスト・パフォーマンスの良いものの出現が待たれる。データベースに関しては、実際の業務の流れを考慮して設計・運用されなくてはならず、構造もアプリケーションごとに異なる場合があり、単に市販の汎用ソフトウェアだけに頼ることはできない。特にトータル・システムを考える時には核となるものであり、まだまだ現場のニーズに立脚した工夫の余地のあるところであろう。

固有技術に関しては、特に曲面の数学的処理や3次元物体のとり扱いなどがポイントであろう。後者に関しては、実用レベルに達したものも紹介されている⁹⁾。

最後に、自動車工業における情報システムの開発・維持に携わる者として、電算機関連技術の動向を鋭敏にとらえ、諸システムを、業務の効率化に最も寄与する形でタイムリーに提供していきたいと念じている次第である。

参 考 文 献

- 1) 八重樫, 長坂: 自動車車体設計過程の機械による援助, 品質管理, Vol. 28, No. 7, pp. 19-25 (1977).
- 2) 酒井他: ボデー構造現図自動描画システム, トヨタ技術, Vol. 27, No. 3, pp. 12-22 (1977).
- 3) 中村他: 設計電算化システム CAD-II, 日産技報, 第14号, pp. 175-187 (1979).
- 4) 成瀬他: 電算機を利用したプレス金型の製作, アマダ技術ジャーナル, No. 61, pp. 1-19 (1978).
- 5) 新木他: システム管理支援システム, トヨタ技術, Vol. 25, No. 2, pp. 68-77 (1975).
- 6) 宮脇, 小原: トヨタ構造解析システム VESTA, FACOM ジャーナル, Vol. 5, No. 7, pp. 4-12 (1979).
- 7) 楠, 成瀬: 自動車の「スタイル・デザイン〜プレス金型加工」における自動化, 日本機械学会誌, Vol. 78, No. 676, pp. 183-189 (1975).
- 8) 穂坂, 木村: 手書き図面入力とその幾何モデル生成への応用について, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 45, No. 389, pp. 75-82 (1979).

(昭和54年10月9日受付)