

---

研究所支援システム

Integrated Research Laboratory Support System

本藤 康弘(Yasuhiko Motofuzi) 宮崎 明(Akira Miyazima) 米谷 稔(Minoru Yoneya) 森本 一三(Kazumi Morimoto) 狩野 裕隆 (Hiroataka Kano) 竹内 裕美子 (Yumiko Takeuchi)

---

要旨：

川崎製鉄技術研究本部においては、新素材や LSI など研究分野の拡大に対応する研究所機能の強化のために、研究活動を多面的に支援する総合的なシステムを構築した。研究管理情報のタイムリな把握と分析をねらいとした研究企画活動の支援システム群、効率的かつ高度な研究開発に寄与する研究員活動の支援システム群、および総合的な LA/FA システム群を開発した。またスーパーコンピュータ、大型コンピュータ、CAD/CAM/CAE システムなどの利用環境整備のために研究所ネットワークシステムの開発を行った。これらのシステム群は、互いに結びついて総合的な研究所支援システムを構成する。本稿でも研究所支援システムの概観およびいくつかのサブシステムの概要について述べる。

---

Synopsis：

Kawasaki Steel Technical Research Division has developed total research laboratory support system for reinforcing the R & D capacity in response to developing research fields such as new materials and electronics. The system covers a wide range from planning and administration works through research activities. The system consists of (1) a planning and management support system for a timely analysis of research activity information, (2) a desk-work support system which facilitates scientific and technical computation, data analysis and reporting work, (3) integrated LA/FA systems, and (4) a laboratory network system for researchers' easy access to a super-computer shared with other divisions, host computer and CAD/CAM/CAE system of the research laboratories. The paper describes the overview of this system and outline of each subsystem.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

## Integrated Research Laboratory Support System



本藤 康弘

Yasuhiro Motofuji  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター 主任  
研究員(掛長)



宮嶋 明

Akira Miyajima  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター 主任  
研究員(課長)



米谷 稔

Minoru Yoneya  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター 主任  
研究員(掛長)



森本 一三

Kazumi Morimoto  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター 主任  
研究員(掛長)



狩野 裕隆

Hiroataka Kano  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター



竹内 裕美子

Yumiko Takeuchi  
技術研究本部 計測・物  
性研究センター

### 要旨

川崎製鉄技術研究本部においては、新素材や LSI など研究分野の拡大に対応する研究所機能の強化のために、研究活動を多面的に支援する総合的なシステムを構築した。研究管理情報のタイムリな把握と分析をねらいとした研究企画活動の支援システム群、効率的かつ高度な研究開発に寄与する研究員活動の支援システム群、および総合的な LA/FA システム群を開発した。またスーパーコンピュータ、大型コンピュータ、CAD/CAM/CAE システムなどの利用環境整備のために研究所ネットワークシステムの開発を行った。これらのシステム群は、互いに結びついて総合的な研究所支援システムを構成する。

本稿では研究所支援システムの概観およびいくつかのサブシステムの概要について述べる。

### Synopsis:

Kawasaki Steel Technical Research Division has developed a total research laboratory support system for reinforcing the R & D capacity in response to developing research fields such as new materials and electronics. This system covers a wide range from planning and administration works through research activities. The system consists of (1) a planning and management support system for a timely analysis of research activity information, (2) a desk-work support system which facilitates scientific and technical computation, data analysis and reporting work, (3) integrated LA/FA systems, and (4) a laboratory network system for researchers' easy access to a super-computer shared with other divisions, host computer and CAD/CAM/CAE system of the research laboratories. This paper describes the overview of this system and outline of each subsystem.

## 1 緒 言

技術研究本部は、既存分野における製品の高付加価値化や新製品の開発に力を注ぐ一方で、新事業展開に対応する研究分野の拡大および長期的な視野に立った研究基盤の整備を進めている。

技術研究本部では、化学分野、新素材分野、LSI 分野へと研究分野を拡大する過程において研究員の増加、研究テーマの増大、および鉄分野とハイテク分野における研究の進め方の相違のために、研究企画管理の複雑化および業務増大の問題が生じた。研究開発活動の内容も、ハイテク分野への進出とともに構造解析や流体解析などの大規模解析や最終的な製品の設計・開発にかかわる研究開発の割合が増加し、高速の計算機によるシミュレーション実験や統合的なデータの蓄積・評価が不可欠の技術となった。

これらの課題をふまえた上で、技術研究本部では質の高い効率的な研究開発を行うには近年進展の著しい分散処理技術<sup>1)</sup>を含む最新のコンピュータ技術を活用した総合的な研究開発支援システムの構築がキーポイントであるとの考えに立ち、1984 年以来、汎用計算

機を中心とする研究所支援システムの段階的構築を進めており、各部門で大きな効果を挙げている。

以下ではこの取り組みの概要およびいくつかのトピックスについて述べる。

## 2 システムの概要

### 2.1 システムの機能

技術研究本部の計算機システムの適用業務は、大別して研究管理支援、研究員支援(技術計算、データ利用、レポート作成)、情報収集・検索および LA(データ収集、データ転送、帳票出力)の 4 つに分類できる。システムの機能概略を Fig. 1 に示す。

研究管理面では、研究分野の拡大に伴う企画部門の計画および管理業務の質的および量的膨張に対処するために、テーマをキーとしたテーマ管理および予算管理機能を持つ企画業務支援システムを開

\* 平成元年 8 月 11 日原稿受付

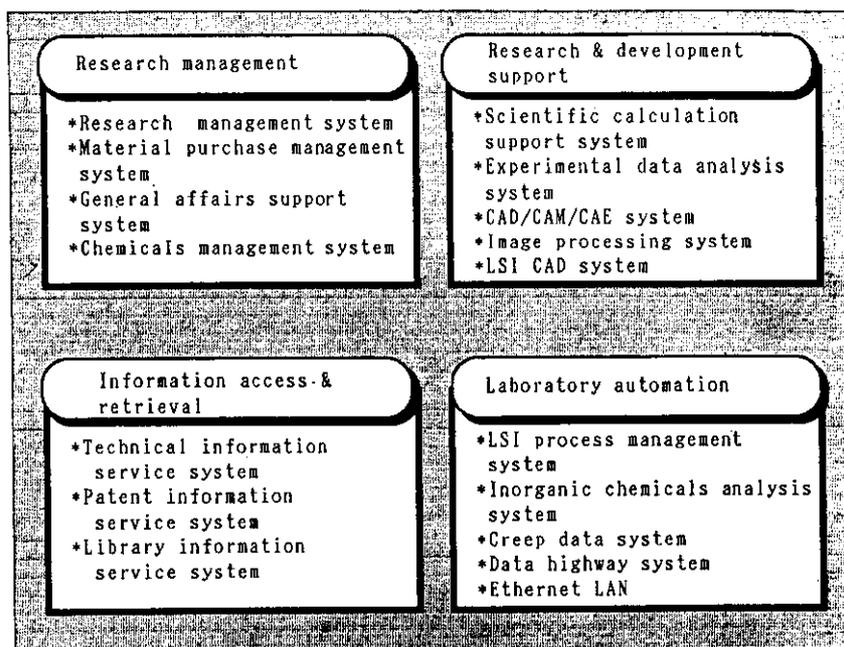


Fig. 1 Outline of research laboratory support system

発し、企画部門の研究戦略の策定、研究進捗管理および予算管理業務に貢献している。

研究開発面では、全社共通の技術計算専用システム（スーパーコンピュータ VP-50）に対する各研究室端末からの自由なアクセスが大きな特徴である。さらに、研究員がスーパーコンピュータを容易に利用するための支援体制の充実を図った。また、研究所ホストシステム上に構築した実験データの蓄積・解析機能は、計算機に不慣れた研究員にも広く活用されている。さらに、新素材を利用した製品の開発および設計業務のために、ミニコンベースの形状表現機能に優れた CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing)/CAE (Computer Aided Engineering) システムを導入した。鉄鋼およびハイテクの両分野における利用技術の蓄積を基に、適用業務が着実に増大しつつある。

研究員は、技術研究本部の端末およびパソコン群を用いて、全社共通の特許情報・技術情報のデータベースに容易にアクセスできる。これにより、研究員の先行技術調査、文献検索はきわめて効率的になった。

従来の LA システムは装置と計算機間のオンラインデータ授受にとどまる例が一般的であった。しかるに、ハイテク分野の研究開発では、LSI 研究センターにおける工程管理システムなど、製造ラインと同様の構成を持つ設備の導入が増える傾向にあり、工程管理、共用データベースなど高度の機能が必要とされる。このため総合 LA システムの開発を進めている。これらの開発には LAN、共用データベースの利用技術が必要であるため、対応する開発スタッフを所内で養成している。

## 2.2 計算機基盤とネットワーク

当技術研究本部は、1984年に、従来の中型機から汎用の大型計算機を中心とするシステムに移行し、以後段階的増強を実施してきた。Fig. 2 に技術研究本部の計算機システムのハードウェア構成を示す。システムの中核は富士通の汎用大型機 M-380 であり、これに接続した 49 台の端末 (1988 年 12 月現在、順次増強中) およびパソコン群を各研究室に配置している。運用管理の効率化のため、CPU および補助記憶装置は、同一敷地内の千葉製鉄所計算機セン

ターに置き、これらと技術研究本部の周辺装置群を製鉄所全域をカバーする光データハイウェイ経由で接続している。さらに技術研究本部は、独自の光データハイウェイを持ち、研究棟および実験棟における柔軟性の高い端末運用やデータ通信が可能である。

## 3 研究管理システム

### 3.1 研究管理の概要

研究開発活動は、研究員の研究テーマ実施を中心に進められる。研究管理の目的は、研究開発方針に基づき、研究テーマの効率的な実施を支援することである。

研究テーマは研究室ごとの年度研究開発計画をもとに策定される。研究開発計画と個々の研究テーマは、体系的に整理されて研究テーマツリーを構成する。研究テーマツリーは、大、中、小の 3 種類の階層構造になっており、テーマツリーの小分類は個々の研究テーマに相当する。研究テーマツリーには、メンバー配分計画とともに、優先順位、技術分野、性格、技術比較、効果などの各種評価項目が含まれている。

個々の研究テーマは、テーマツリーに登録してあれば、年度内のいつの時点でも登録申請できる。研究テーマの実施期間中は、月 1 回テーマ別の投入メンバーを報告し、また定期的な進捗チェックを受ける。研究テーマ完了時または中止時には終了報告を行う。研究テーマ実施期間中の活動に要する人員、費用は、研究テーマ番号および研究室、研究グループ単位、技術分野ごとに分類されたコード (製修番号) に仕分けられ、会計期ごとに実績が把握される。

### 3.2 システムの概要

研究管理システムの目的は、研究計画の策定時点から研究テーマの実施、完了までのメンバー、進捗、費用などを一元的に管理し、業務を効率化するとともに、研究資源の配分や研究開発計画の策定を支援することである。Fig. 3 に研究活動の流れと対応する管理システム群を示す。研究管理システムは、研究所全体の管理システムの一部として、主に (1) 研究テーマ処理、(2) 設備予算申

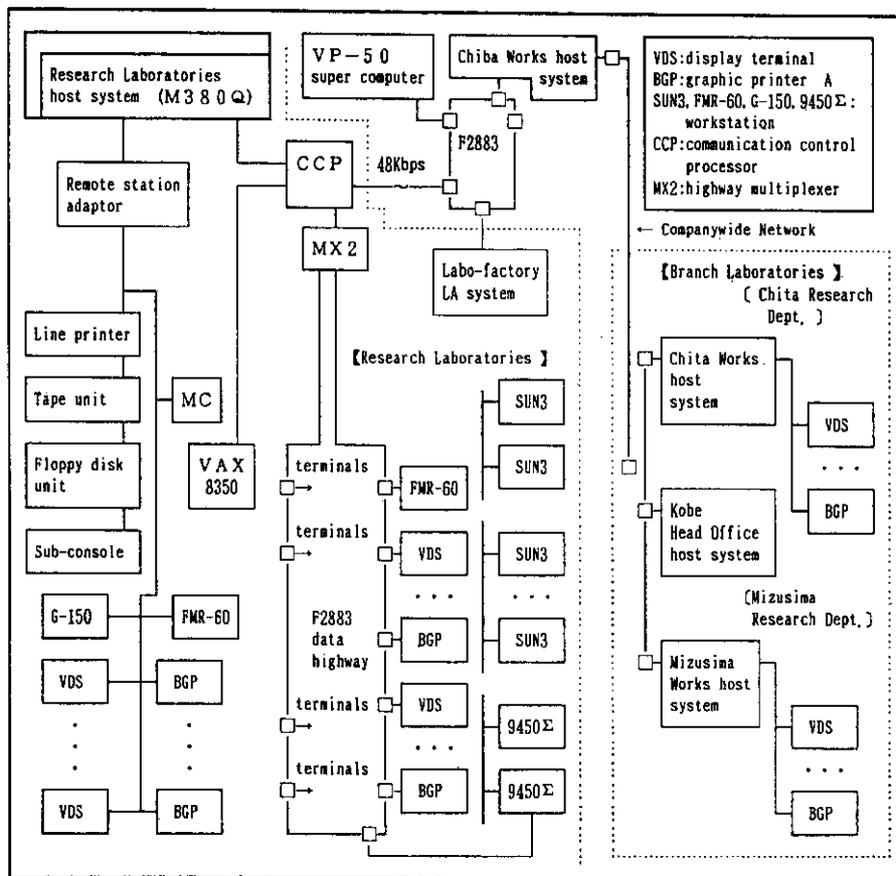


Fig. 2 Structure of Kawasaki Steel Research Laboratories computer and network system

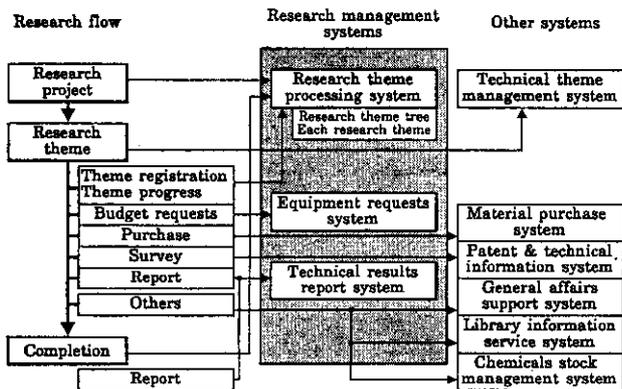


Fig. 3 Research flow and laboratory administration systems

\*\*\* 研究テーマ登録 \*\*\*

研究室名	計 画	技術テーマツリーNo.	X9901010	PF2: 技術分野・技術部会選択
登録 No.	RPQ01	登録 No.	KX01	PF3: 保存終了・終了
テーマ名	研究企画管理システムの構築			PF8: 次ページ
主任担当者	技研一総	コードNo	012345	企画部長
	川鉄太郎	コードNo	987654	企画主査
担当者		コードNo	000000	担当部長
		コードNo	000000	査 長
		コードNo	000000	主 研 員
		コードNo	000000	
		コードNo	000000	
		コードNo	000000	
T E L	1234	特許出願	0 件	
着手年月	89 年 5 月	完了予想	90 年 3 月	
分類 1	3	1. 製品 2. プロセス 3. 手法	分類 2 Tテーマ	1. 試験 2. 調査 3. 予備実験
分類 2 テーマ	3	1. 基礎 2. 応用 3. 開発	1. 設備改善 2. 操業改善 3. 性能向上	4. 現場トラブル 5. クレーム 6. その他

Fig. 4 Example of research theme registration on CRT

請, (3) 技術成果管理を担当する。

研究テーマ処理サブシステムでは, 研究テーマツリーの作成, 検索, 解析と各研究テーマの申請, 登録, 進捗, 終了および研究員の研究テーマ別投入マンパワーを取り扱う。研究テーマツリーの解析は, 例えば研究室のテーマ優先度に従ってマンパワーが適切に配分されているかといった研究室単位の解析から, 研究活動全体として経営方針に則した技術性格にシフトしているかといったマクロ的な分析まで行うことができる。個々の研究テーマの登録は, Fig. 4 に示すディスプレイ端末装置上の画面で日本語入力する。

設備予算申請サブシステムは, 研究開発の実施に必要な設備予算の申請, 承認, 集計処理を, 技術成果管理システムは, 各種報告会

や社外技術表彰への登録申請および実績管理を扱っている。研究管理システムの利用は, 各研究室, 研究グループの端末装置から行い, 研究員が自分で入力することを前提としている。

システム開発上の特徴は, システムの信頼性と柔軟性, 拡張性の両立を図ったことである。すなわち, システムの基幹部分は信頼性を重視して COBOL 85 で記述したが, データベースはリレーショナルデータベース (AIM/RDB) を, データ解析部分はエンドユーザー言語 (SPEAKEASY) を, 解析結果の作図部分には事務グラフィックパッケージ (EGRET) を採用して解析の柔軟性, 拡張性を向上させた。

### 3.3 システムの効果

研究管理システムは、資機材の購買業務を扱う資機材システム、諸経費を扱う会計処理システムなどの関連システム群と有機的な連携をとり、総合的な研究管理情報を提供できる。本システムにより、従来個別あるいは定性的にしか扱えなかった研究管理データが、総合的、定量的かつビジュアルな情報として活用できるようになり、新規分野に挑戦し、ダイナミックに変貌する研究所の研究企画・管理活動の支援に大きく寄与している。

なお、本システムには、技術研究本部が長年培ってきた研究管理ノウハウが反映されており、1986年から稼働を開始した。

## 4 事務管理システム

### 4.1 概要

研究開発において、開発期間をできるかぎり短縮し、費用・要員のコストミニマム化、最適配分化に努力し、企業目的に見合ったアウトプットを生み出すことが重要であり、この目的達成のために直接的または間接的にコンピュータの支援が必要である。事務管理システムはOA化推進のため開発・運用してきたシステムである。

### 4.2 システムの内容

事務管理システムは、全社系システムである「資機材購買および経理情報システム」と、独自に開発し運用している「経費予算管理システム」からなり、相互に関連を持っている。前者は、設備機器・資材などの購買業務および庶務的な手続き処理についてサポートしている全社統一のシステムである。技研では、これらの処理を研究室など各作業場所設置の端末装置より実施できる仕組みになっている。後者は、技研内費用を予算管理区分（研究室単位）ごとに集計処理（Fig. 5）し、予算・実績管理を行っている。予算の登録・修正については、各研究室からの申請をベースに予算管理部門で行っている。

以上のほか、パソコン LAN（企業内情報通信網）を利用し、役員および管理者のスケジュール管理など事務処理効率化を図っているものもある。

a. 「三費目」予算対比表

年度	科目	予算		実績		比率	差
		計	単	計	単		
1985	材料費	1,000	1,000	950	950	95%	-50
1986	材料費	1,200	1,200	1,100	1,100	92%	-100

b. 「試験片加工費」予算管理明細表

管理区分	科目	名称	予算		実績		比率	差
			計	単	計	単		
1985	材料費	試験片加工	500	500	480	480	96%	-20
1986	材料費	試験片加工	600	600	550	550	92%	-50

c. 「材料費」予算管理明細表

管理区分	科目	名称	予算		実績		比率	差
			計	単	計	単		
1985	材料費	試験片加工	500	500	480	480	96%	-20
1986	材料費	試験片加工	600	600	550	550	92%	-50

Fig. 5 Examples of output list

### 4.3 今後の展開

研究活動状況をタイムリーに把握し、研究資源の効果的利用を図るため、さらにきめ細かな費用把握・管理を実施し、同時に情報提

供における応答性と質的向上に努め、研究開発活動を側面より支援していく必要がある。その一例として、オンライン情報提供機能の強化、パソコン LAN 活用による日常業務支援を行っていく。

一方、研究活動テーマごとの費用管理を実施していくため、関連のシステム間で相互に情報交換できるよう整合性をもたせる。

## 5 LSI 試作管理システム

LSI 研究センターにおける LSI の試作は、工程数 100~200、試作期間約 1 箇月と多工程・長期間である。さらに製造段階、製品検査で大量のデータが発生する。このため、研究開発の効率化と試作デバイスの品質向上および工程進捗管理の精度向上を目的に、LSI 試作管理システムを構築した。使用するソフトウェアについては、導入期間、性能、費用、研究員の開発工数などの面でもっとも有利と考えられるパッケージソフトを導入した。

### 5.1 システムのハードウェア構成

ハードウェアの構成を Fig. 6 に示す。計算機はパッケージソフトとの関係、使用状態、データ容量などを考慮して Micro-VAX-II とし、ディスク (622 MB) 2 台およびカセットストリートを備えている。端末装置としては、工程情報・検査データ入力用 7 台、管理・解析用 3 台、プリンター 3 台および検査データ収集・解析用にパソコン 2 台を配置し、約 300 m のイーサネットにて接続している。

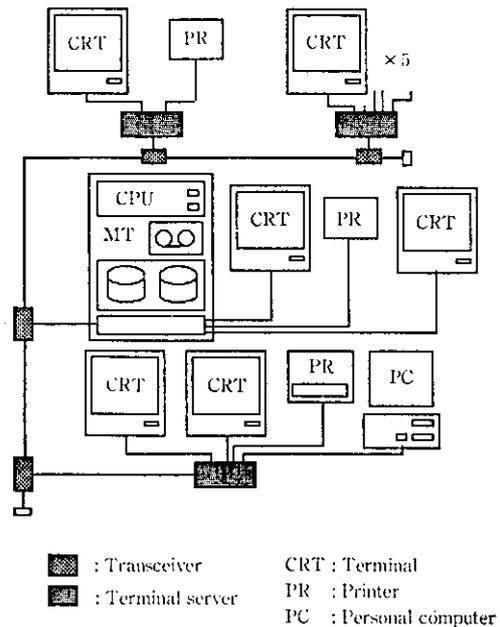


Fig. 6 Configuration of LSI production test control system

### 5.2 ソフトウェア

当システムで導入したパッケージソフトの主な機能は、(1) 工程管理、(2) データ収集・蓄積などであり、解析用ソフトは自社開発とした。データ入力については、工程情報はキー入力とし、データ量の多い検査データについてはフロッピーディスク経由とした。

オペレーションシステムは、ホスト側 VAX/VMS、パソコン側 MS-DOS である。

### 5.2.1 工程管理

工程管理は、製造する品種別のプロセスフローを設定・管理するプロセス管理と個々のロットがどの処理工程にあるかを管理するロット管理からなる。ロット管理については、各プロセスをロットが通過することに情報を正確に入力することが大切である。当システムでは手入力のため、操作の簡略化・正確さを求めて、入力項目を必要最小限とし、入力値のエラーチェックを行っている。

進捗管理については、各工程ごとの仕掛かりロット、ロットごとの現在の処理工程などが、どの端末からでもリアルタイムで表示、または帳票出力できる。

### 5.2.2 プロセスデータ収集

プロセスデータの収集は、プロセスフロー中の該当処理工程に収集要領を設定することにより行われる。設定項目としては、データ名称、管理値との比較、管理値を外れた場合の処置方法などの指定ができる。収集されたデータは、ロット単位、データ単位、指定期間内など種々の方法で抽出が可能で精度管理および検査データとの照合による解析などに利用される。

### 5.2.3 データ解析

データ解析については、解析方法が流動的であること、進捗管理用データ入力の応答性確保などから、システムへの影響が少なく、手軽に利用できるパソコンを主体に行う方式とした。プログラムについては汎用ソフトの利用を主とし、一部自社開発する。

自社開発したソフトの主なものとしては、(1) 作業者がワークシートとして利用するために各ロットに付けるランカードおよび検査表の自動発行、(2) 日報・月報・検査データなどのレポート作成、(3) パソコンによるデータ解析のためのデータ変換などと、これらの実行を容易に行うための環境設定などである。

## 5.3 効果

生産管理にパッケージソフトを導入してみて、大きなソフトの割に短時間で立ち上げることができ、初期トラブルもほとんど発生せず順調にシステムを開発した。このシステム開発により、(1) リアルタイムでの工程進捗把握、(2) 検査データの収集・蓄積・発表、(3) 日報など各種帳票出力、などが容易に行えるようになった。

## 6 技術計算および CAD/CAM/CAE システム

鉄鋼分野においては、成長性および付加価値の高い鋼種・加工製品開発へ、また非鉄鋼分野においても、新規分野への進出に伴い材料開発・製品開発へと研究開発領域が拡大し、コンピュータシミュレーションを適応すべき課題が増加している。

技術研究本部では、会社共通マシンであるスーパーコンピュータ VP-50 上にある、汎用構造解析プログラム MARC, NASTRAN, NIKE, 流体解析プログラム PHOENICS, 伝熱解析プログラム CHANCE, 回路設計シミュレーションプログラム FSPIICE を利用し、シミュレーションを行っている。VP-50 CPU の技術研究本部の利用率は、年々増加傾向にある。おもな利用分野として、製鋼分野、製造分野、鋼管分野、新素材分野、LSI 分野が挙げられる。

また、技術研究本部では、材料、製品、生産設備、生産技術などの研究開発に関して、近年の少量多品種、ファッション化傾向に対応するため、CAD/CAM/CAE システムを導入し、研究開発の効率化ならびにユニークな研究開発の促進を図っている。

### 6.1 CAD/CAM/CAE システムの目的

CAD/CAM/CAE システムの目的は以下のとおりである。

- (1) 三面図で表すことが困難な三次元形状のモデル作成。
- (2) 作成した形状モデルに対する NC 加工用データ作成の効率化。
- (3) 作成した形状モデルを利用した製品強度などの製品特性予測。
- (4) 作成した形状モデルを利用した製造シミュレーション。
- (5) 設計変更の容易化。
- (6) 設計した三次元形状の客観的な把握の容易化。
- (7) 複雑な三次元形状に対する技術計算の容易化。

### 6.2 システム構築における留意点

研究開発への利用という観点からシステムの利用形態を考えると、設計から試作までの一貫工程へシステムを適用する場合と、特に設計の評価としての CAE を主目的とする形でシステムを適用する場合がある。適用対象により、使用するべき形状モデルのタイプや必要な解析の種類が異なっており、利用形態を特定することができないので、CAD/CAM/CAE 各機能のバランスのとれた汎用システムを導入し、適用対象ごとに必要に応じて不足機能の開発を行っている。研究員が容易に操作できるように、コマンドのマクロ化などを実施し、システムの利用環境を整備した。また、システムを有効に利用するために、NC 工作機械のほか、三次元計測装置、FEM 解析プログラムなどの他システムとのインターフェースを充実させた。

### 6.3 システムの機能と構成

当システムは機械系の三次元 CAD/CAM/CAE システムである。ワイヤーフレームモデル、サーフェスモデルの他、ソリッドモデルを用いた形状設計が可能である。CAD で作成した図形データを利用して、FEM 解析、NC 加工工程設計を実施できるので、設計/試作工程を効率的に行うことができる。FEM 解析では、CAD の形状モデルを利用して FEM 解析用のメッシュデータを作成するプリプロセッサ機能の他、応力解析・熱伝導解析のソルバ機能、解析結果のカラーコンタ図表示などのポストプロセッサ機能を有している。CAM 機能では、ミリング、ドリリング、ポケット加工、輪郭加工、自由曲面加工が可能である。

システムの構成を Fig. 7 に示す。三次元計測装置ならびにマシンニングセンターと接続されており、三次元計測データからの形状合

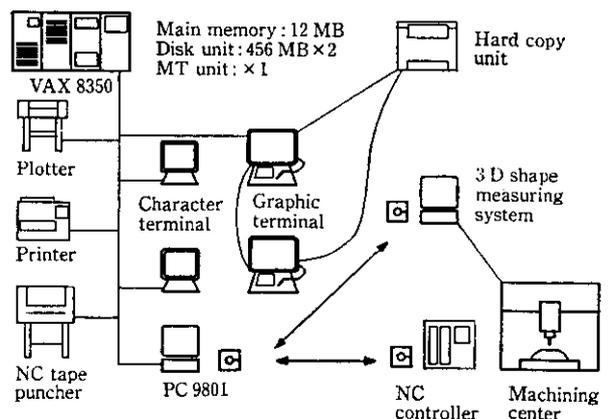


Fig. 7 Configuration of CAD/CAM/CAE system

成, CAM によって出力した NC データによる機械加工が可能である。

### 6.4 適用例

当システムを, 三次元計測データからの形状モデル作成, 形状モデルからの FEM 解析用モデル作成 (メッシュ作成), FEM 解析, 解析結果外示, NC 加工工程設計, NC データ出力に活用し, 効果をあげている。当システムを用い三次元計測データから作成した形状モデルの一例を Fig. 8 に示す。

当システムを用いて作成した解析モデルの一例を Fig. 9 に示す。このモデルは, 仮想形状の自動車用ホイールに対する応力解析モデルである。CAD システムを適用することによって, 精度のよいメッシュデータを効率的に作成することができる。また, 解析を行うにあたり, VAX 上の CAD システムとスーパーコンピュータ VP-50 上の汎用有限要素法構造解析プログラム NASTRAN とのインターフェースを開発し, CAD でのモデル作成からスーパーコンピュータでの計算実行, CAD での計算結果の表示という分散処理的な解析環境を実現している。

Fig. 10 に解析結果の一例を示す。これは, ホイールに対し, ドラム耐久試験に相当する荷重を設定した時の, ディスクの内側表面に発生する応力をミゼスの応力で表示したものである。実機による耐久試験, 赤外線応力測定とあわせ, このような FEM による応力

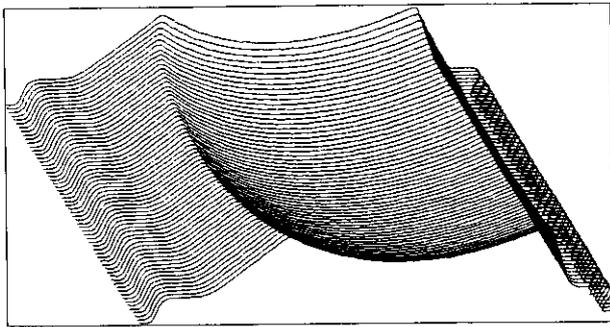


Fig. 8 Sample of generated geometry in CAD system using measured by 3-D shape measuring system

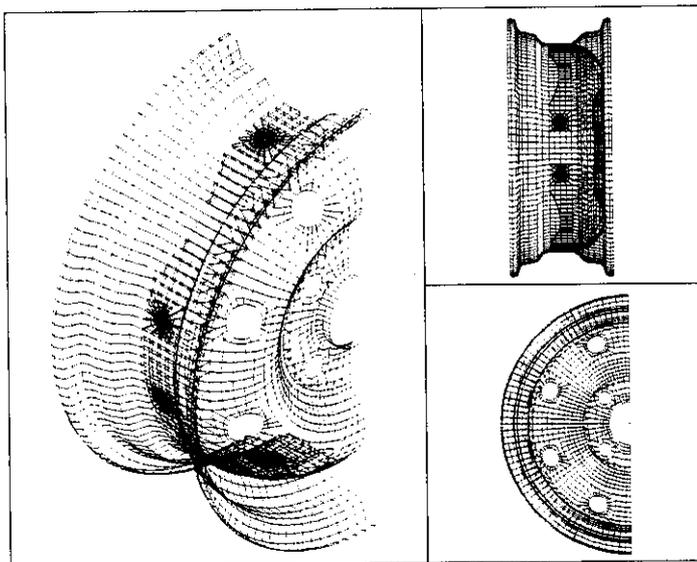


Fig. 9 FEM model for a car wheel

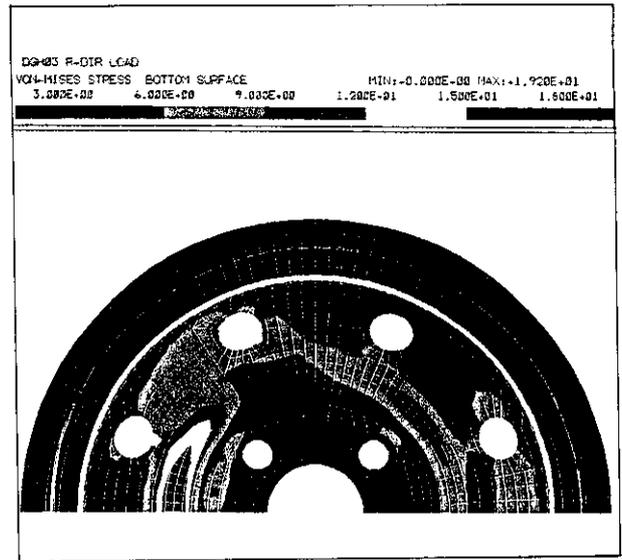


Fig. 10 Distribution of von Mises stress in a car wheel

解析を行うことで, ホイールの耐久強度の評価に役立っている。

## 7 結 言

当研究所で構築を進めている研究所支援システムの背景と概要について述べた。

- (1) 研究分野の拡大に対応する研究企画管理機能の強化のために, ホスト計算機を基盤とする総合的な研究企画支援システムを開発した。
- (2) このサブシステムとして, 研究テーマをキーとする研究活動の管理および解析システム, また研究活動にかかわる費用実績の把握機能を中心とする事務管理システムを開発した。
- (3) LA 化の一環として, イーサネットネットワークを利用した汎用ミニコンとパソコンの結合による LSI の製造プロセス管理システムを開発した。本システムにより研究開発に必要な柔軟な工程管理を実現している。
- (4) 製品の高付加価値化に対応するための CAD/CAN/CAE システムを中心とする効率的な技術計算支援機能を開発した。具体的な利用例として自動車用ホイールの解析への適用事例を紹介した。

近年, 機能進展の著しい計算機, 特にワークステーションやパーソナルコンピュータは当研究所の研究分野拡大にかかわるニーズに合致して積極的に導入活用されており, これと呼応して研究員の計算機利用ニーズの多様化が急速に進む傾向にある。その範囲はデータ通信から分散処理, データベース, さらにプレゼンテーション, 研究室における蓄積技術の継承・活用にまで広がりを見せている。

技術研究本部は, 計算機技術および通信技術の進歩をタイムリに取り込み, 研究員の知的活動に貢献できる研究所支援システムへ向けてさらに開発・整備を進める考えである。

### 参 考 文 献

- 1) 沖沼二真: 『R&D コンピューティング要覧』, (1988), 8, [サイエンスフォーラム]