

エキスパートシステムによる統合CAEの研究

尾崎 郁夫 木村 文彦

東京大学工学部 精密機械工学科

現在、製造業では、CIM、IMS、CEなどの計算機を援用した生産システムの研究開発がさかんに進められている。そのシステムの次世代のフレームワークとして、仮想生産のコンセプトが提案されている。仮想生産とは、計算機支援技術により生産活動や生産対象物をモデル化し、実生産の前に徹底的に製品機能や生産性をシミュレーションして生産の不具合を撲滅する生産システムのことである。

本報では、仮想生産の実現に向けての一ステップとして、エキスパートシステムを用いてプロダクトモデル（製品モデル）の形状情報、加工情報などデータを入力し、計算機上にデータベース化するような支援システムを構築し、次世代のCAD交換フォーマットであるSTEPを用いた統合CAEの研究について述べる。

Integrated Computer Aided Engineering by Expert System

Ikuo OZAKI

University of Tokyo, Department of Precision Machinery Engineering

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan e-mail : ozaki@cim.pe.u-tokyo.ac.jp

Fumihiko KIMURA

University of Tokyo, Department of Precision Machinery Engineering

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan e-mail : kimura@cim.pe.u-tokyo.ac.jp

Recent years, the manufacturing industry are doing active research concerning computer aided manufacturing system such as CIM, IMS and CE. The Virtual Manufacturing as computer aided manufacturing system of the next generation is proposed, which models every necessary manufacturing activity in computer, simulates manufacturing behaviour and processes, and evaluates machine functionality and manufacturability as much as possible before actual production.

This paper is reported the research of Integrated Computer Aided Engineering by expert system and STEP of exchanging format for CAD in the next generation.

Keywords : STEP, CAE, CAD, FEM, Product Model, Expert System, Virtual Manufacturing, Concurrent Engineering

1. はじめに

現在、製造業では、C I M(Computer Integrated Manufacturing)、I M S(Intelligent Manufacturing System)、C E(Concurrent Engineering)などの計算機を援用した生産システムの研究開発がさかんに進められている[1]。そのシステムの次世代のフレームワークとして、計算機支援技術により生産活動や生産対象物をモデル化し、実生産の前に徹底的に製品機能や生産性をシミュレーションして生産の不具合を撲滅する手法が提案されている。このような技術を総称として「仮想生産 (Virtual Manufacturing)」呼ばれている[1,2]。

本報では、仮想生産の実現に向けての一ステップとして、次世代のCAD交換フォーマットであるSTEP(STandard for the Exchange of Product model data)[3,4,5]とエキスパートシステムを用いた統合CAE(Computer Aided Engineering)の研究について述べる。

2. STEP を用いた統合 CAE の構築

STEPフォーマットは、次世代のCAD/CAMおよび、解析モデルの共通の交換フォーマットとして、ISO(国際標準化機構)を中心に規格の制定をおこなっている[5]。国内では、通産省工業技術院がSTEP交換処理システム標準化事業の調査を開始し[6,7,8]、それに基づいてSTEPセンターを設立した。STEPセンターは、(社)日本コンピュータグラフィックス協会に組織が設置されている。STEPフォーマットは、従来のCAD/CAMモデルの共通の交換フォーマットのIGESフォーマットと比較して、形状処理の他に属性情報などを含めた広範囲なモデルを対象にしている。いわゆるプロダクトモデルといわれるモデルである[9]。

本研究は、大型工作機械の一つであるマシニングセンター上で、ギアボックスを加工する時の最適な治具設計方法を確立することを目標とした仮想生産システムの中で、エキスパートシステムを用いたCAEの研究である。研究方法は、ギアボックスを対象に、その箱物部品を最適に治具設計する方法をエキスパートシステムで構築し、その結果に基づいて、STEPフォーマットに変換してCADを作成する。そして、エキスパートシステムで得られた治具設計の結果を、定量的に評価するために有限要素法を用いて解析する。図1に本研究のフレームワークとハードシステムの構成を示す。

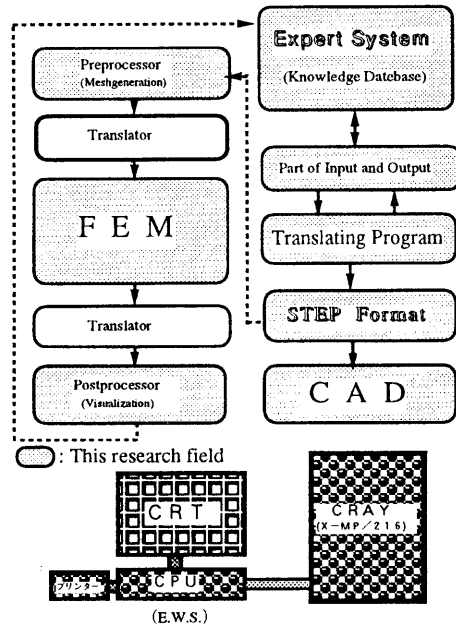


Fig1. Framework and Structure of System

次に、本システムの構築例について述べる。図2のような三角法で描かれた製図図面をもとにエキスパートシステム作成用シェル KEE (Knowledge Engineering Environment)を用いて、プロダクトモデルの知識表現を行った。知識表現の構築に当っては、この箱物部品の形状特徴(Form Feature)を活かし、幾何学的な寸法はもちろんのこと、部品が有している加工情報の寸法公差、はめあい、表面粗さ等を含む知識をフレーム構造で表現した。その知識表現の例を図3に示す。また、本研究で用いたKEEは、知識表現をオブジェクト指向設計の表現が可能であるので、知識表現に当っては、この箱物部品の形状特徴を考慮した。図3は、ギアボックスの形状寸法、属性などを、フレーム構造で知識表現したものである。図3における最上位クラスは、次の5つのクラスオブジェクトからなる。

- (1)BASE_BOX_BANK(矩形状の部品)
- (2)BASE_BOX_DIMPLE(外形面の欠けた部位)
- (3)BASE_BOX_FACE(ギアボックスの6面)
- (4)BASE_BOX_HOLE(タップ穴など)
- (5)INSIDE_PLATE(ギアボックス内部の付加形状)

クラスユニットおよびメンバーユニットのスロットの知識表現の構築は、オブジェクト指向設計に基づいて、インヘリタンス機能を有効に活用できるように、最優先のオブジェクトをフレーム型の階層構造の上位概念オブジェクトとして設定した。

次に本研究における、各部品が有している公差およびはめあいなどの加工に必要な技術情報を付加した知識表現の例について述べる。加工情報としては、寸法公差(TOLERANCE)、注釈(NOTE)、はめあい(FITS)、表面粗さ(ROUGHNESS)がある。その知識表現の例を図4に示す。そして、KEEを用いてギアボックスに関する全ての技術情報をデータベース化した。そのデータベースは、オブジェクト指向型データベース(OODB)的な表現が可能である。本システムの特徴の一つは、上位のオブジェクトで定義した寸法などの形状情報は、下位にインヘリタンス機能により継承されるので、入力データ操作を軽減できることである。すなわち、このギアボックスのように形状特徴を一つのオブジェクトとして表現できる部品には、インヘリタンス機能を使用する頻度が多くあるからである。図5は、EWSの計算機上で知識表現を具体的にロードした状態の図である。その知識表現をもとにSTEP規格に準拠したフォーマットに変換するために、Prolog言語を用いてトランスレータ(変換プログラム)を開発し、その結果からワイヤーフレームで3次元CADを表示した例が図6である。

次に、その形状及び材質、強度等が工学的な規準を満足しているかを検証するために有限要素法を用いて解析した。

本システムは、STEPフォーマットから逆に、エキスパートシステムにデータ変換も可能である。計算機のシステム構成としては、有限要素法解析をスーパーコンピュータ(CRAY: XMP/216)を用いて、解析モデルのプリ/ポスト処理と、エキスパートシステムの構築をEWSで行った。

3. まとめ

本報では、エキスパートシステムをプロダクトモデルのデータ入力として用いた統合CAEの研究として、ギアボックスを取り上げ、形状情報及び加工情報(公差、はめあい、粗さなど)を知識表現することができ、その機械部品の形状情報をSTEPフォ

ーマットに変換し、そのデータよりCADを実現したことを報告した。また、有限要素法を用いた解析により、定量的な評価も行ったことについて述べた。それらの結果によってSTEPフォーマットを用いた次世代の統合CAEの可能性を示した。

本研究に際しご協力を賜わった通産省工業技術院機械技術研究所小島俊雄博士に深甚な謝意を表わす。

[参考文献]

- [1]Kimura.F: "Product and Process Modelling as a Kernel for Virtual Manufacturing Environment", Annals of CIRP, vol.42/1, pp.147-150(1993).
- [2]木村: "コンカレントエンジニアリングと仮想生産", 電気学会誌, 113巻3号, pp.183-188 (1993).
- [3]J.Owen: "STEP An Introduction", Informations Geometers(1993).
- [4]木村、小島編: "製品モデル表現とその利用技術 - STEP", 日本規格協会(1995).
- [5]木村: "STEPと産業オートメーション", 精密工学会誌, 59巻12号, pp.5-10 (1993).
- [6]小島: "STEPの利用とデータ交換システム", 精密工学会誌, 59巻12号, pp.25-30(1993).
- [7]小島、中村、久貝、木村: "STEPを用いたCADデータ交換システムの定式化", 精密工学会誌, 59巻2号, pp.61-66(1993).
- [8]小島、久貝、中村、木村: "STEPを用いた境界表現ソリッドモデル交換システムの試作と実験", 精密工学会誌, 59巻7号, pp.135-141(1993).
- [9]鈴木: "STEPにおける製品モデルの構造", 精密工学会誌, 59巻12号, pp.11-14 (1993).

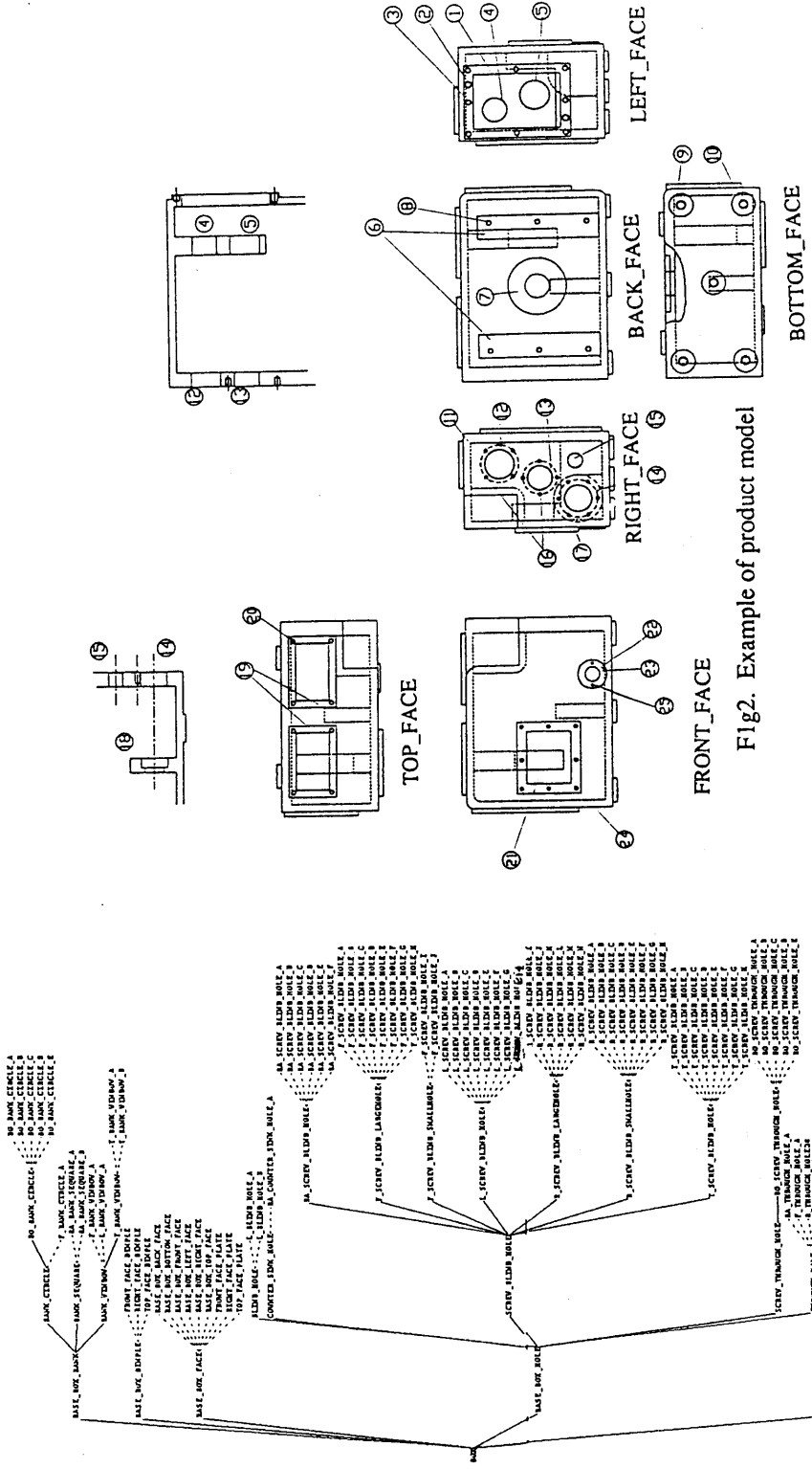


Fig2. Example of product model

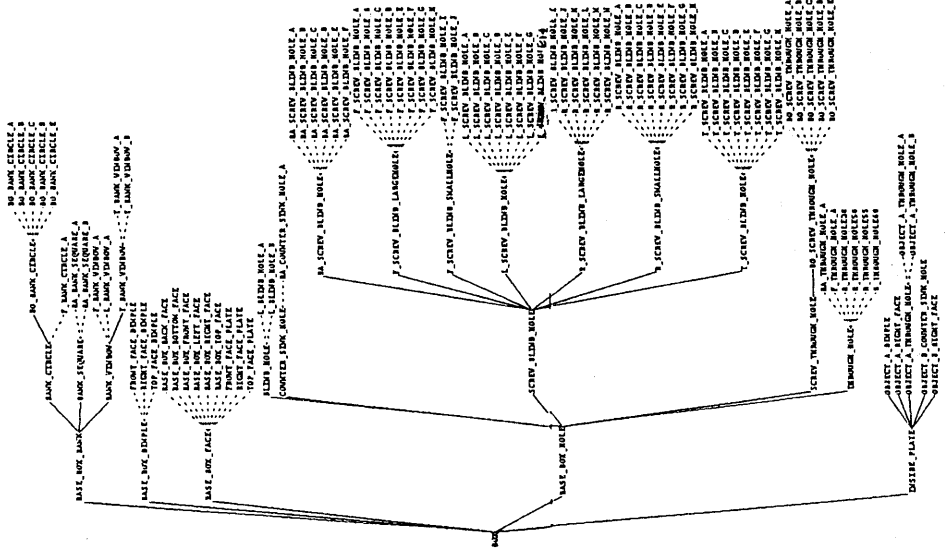


Fig.3 Knowledge expression of frame structure

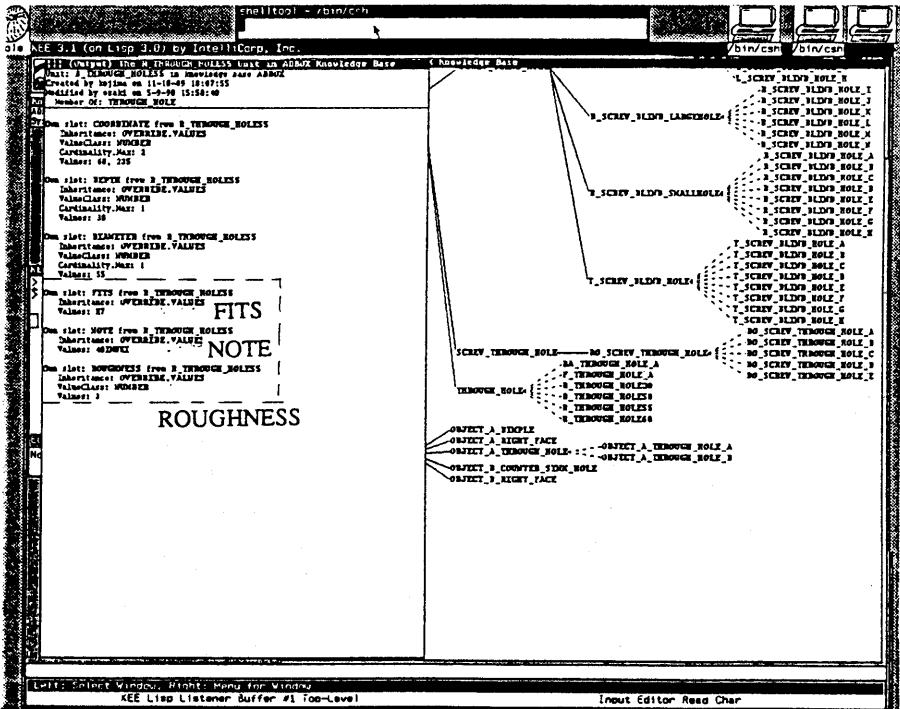
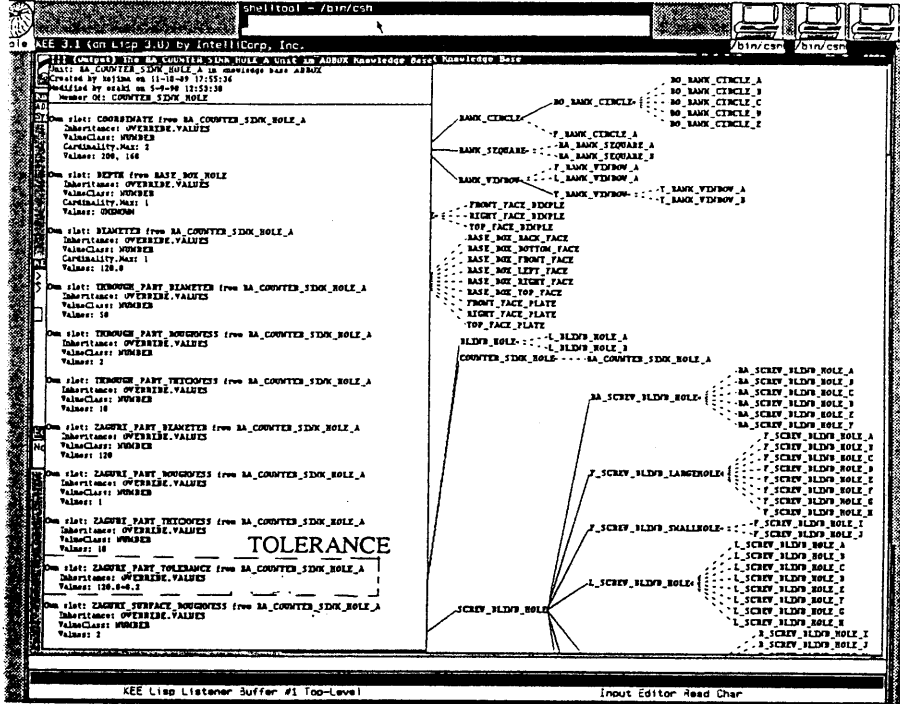


Fig4. Knowledge expression of attribute information

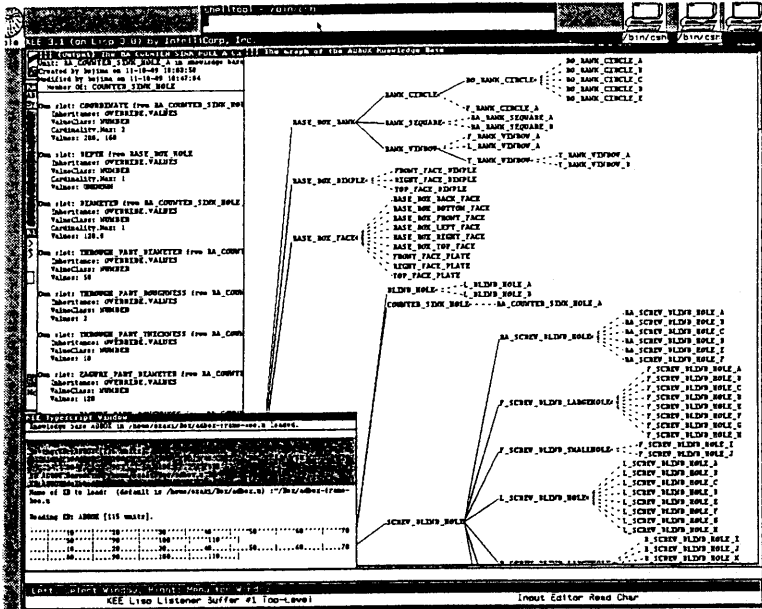


Fig5. Roading result of knowledge expression

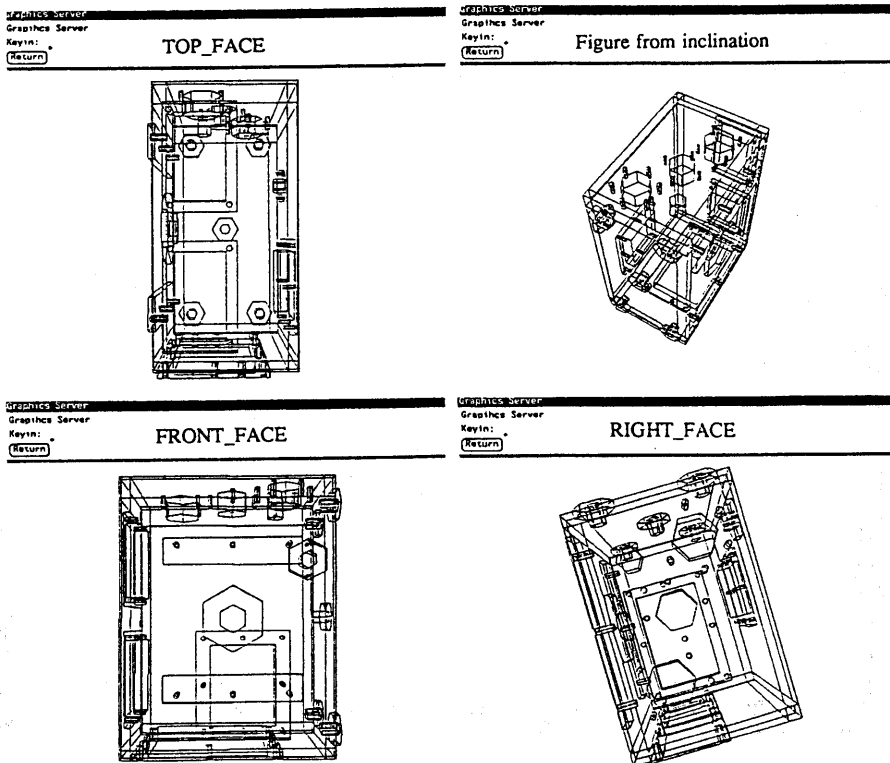


Fig6. Roading result of CAD