

(Ⅲ-1)

# 建設マネジメントのための C A D / C A E システムの研究

Study on CAD/CAE System for Construction Management

システム開発技術分科会

〃

〃

〃

〃

北角 哲 \*  
富樫 豊明 \*\*  
平原 昇 \*\*\*  
○中山 亮 \*\*\*\*  
峯浦 孝雄 \*\*\*\*\*

By Akira KITAZUMI, Toyoaki TOGASHI, Noboru HIRAHARA, Ryo NAKAYAMA, Takao MINEURA

昨今、C A D / C A E の利用範囲は機械、電気をはじめとし、使用されていない分野を  
探すことの方が困難な状態にまでなっている。ところで土木に目を転じてみると、  
先に挙げた機械、電気等の分野での利用の隆盛ぶりにはおよぶべくもなく、残念ながら大  
きく立ち後れているとの印象を否めないのが現状である。そこで、土木の建設マネジメン  
ト業務において有効に使える理想的なC A D / C A E とはどのような姿をしているか、ま  
た、どのような要件を備えているべきかの研究を行った。

【キーワード】建設マネジメント、C A D、C A E

## 1. はじめに

コンピュータの性能向上は日進月歩の感があり、  
安価で高性能なパソコンやワークステーションが次  
々と登場している。この結果、ソフトウェアにおい  
ても従来の記号処理から図形処理へとその処理の幅  
が広がり、特にC A D システムの発達には目を見張  
るものがある。このような中で製造部門においては  
このC A D システムがさらにC A D / C A E システ  
ムにまで高められC I M の中核に位置づけられ生産  
管理の重要な一翼を担っている。

C A D システムの導入は、我々建設業においても  
積極的に進められており、特に建築部門では設計分  
野において当初ドラフティングの道具として導入さ  
れたものが、今ではパース（特に動画を含め）を中

心に、企画、設計部門では創造のための道具として、  
また、C A D をベースとした設計、積算、施工をつ  
なぐ一貫システムも開発され、生産システムの中心  
として必須のものとなっている。一方、土木部門に  
目を移すと、C A D システムは土地造成計画設計支  
援など一部の分野で先進的な利用が試みられている  
ものの、ほとんどは設計（構造）計算の図化や地形  
図コンターの描画、あるいは設計図面作成の一部自  
動化など、ドラフティング機能の利用にとどまってい  
る。

C A D 利用の有効性が製造業や建築の分野で立証  
される中で、土木部門への有効利用が遅れている理  
由として、我々は、外的要因としては①土木部門に  
おける業務の進め方の特殊性（企画・設計は発注側、  
施工は受注側といった業務の中断）②標準化の困難  
さ（遅れ）などがあるとしても、主に、我々ユーザ  
ーサイドでのニーズの取りまとめ、すなわちC I M  
をも含めた土木C A D / C A E に対する構想化の検  
討の不十分さにあると考えた。

そこで、建設のマネジメントという立場から、土  
木工事の計画から維持、管理にいたるまでのプロセ

- 
- \* ㈱奥村組電算センター 06-625-3537
  - \*\* ㈱本間組土木本部技術部 025-229-2511
  - \*\*\* 東亜建設工業㈱土木本部設計部 03-3262-5105
  - \*\*\*\* 東洋建設㈱技術本部設計部 03-3296-4760
  - \*\*\*\*\* 三井不動産建設㈱総務部 03-3346-4525

スにおいて、生産管理技術の向上という視点に立ち、土木CAD/CAEのありかたをCIMを展望しながら研究し、工事管理業務の改善をも含め、理想的な土木CAD/CAEを構想し提案しようと試みた。

## 2. 研究の主旨

土木工事では、企画計画－設計積算－施工－維持管理の各ステップで生じるデータが、さきに記したようにその実行プロセスの特殊性から、各ステップの内部で閉じた形で保存され、最終データのみが仕様書、設計図、工事記録などとしてドキュメントの形で次のステップに引き渡されている。工事を完成に導くためには、設計者の意図がそれを施工するものに正しく伝えられ各ステップで最適な検討が行われる事が重要と考えるが、現状の手段では、各ステップで用いられた詳細なデータやその検討プロセスの履歴を他のステップに提供することは困難と考える。この結果は、各ステップで無理、無駄となって現れており、合理的かつ経済的な工事管理に対しての阻害要因となっている。

そこで我々は、製造部門で広く利用されているCADシステムを工事管理システムの中核にすえ、工事管理全体をシステム化するための検討に当たり、「各施工ステップにおける意志決定が共通のデータのもとで行われる」という点に注目し、施工管理で主に用いられるデータの伝達手段である仕様書、設計図について検討を行った。この結果、これらドキュメントの中に含まれる情報は主に、①完成すべき構造物の姿とその使用材料の種類とサイズ、施工手順などを示す図形情報（設計図）と、②これを補う文字情報（仕様書）、③設計計算とこれに用いたモデルや物性（仕様書）などであり、これらを統合化して業務の流れの中でスムーズに対応出来るシステムを目指すことにより工事管理のシステム化が可能と考えた。

そしてこのシステムを完成させるためには、①各ステップで生じるデータが一定のルールで整理されかつ漏れなく引き出せるデータベース・システムの検討、②複雑な構造物の形やその施工手順を立体的なイメージでとらえたり構造計算が可能なシンプルな形でとらえる事の出来るモデルと、③その発展した形として、モデルのあらわす対象物の意味そのもの

のを取り扱うモデリング技術の検討が必要であると考え、「統合化CAD/CAEシステム」を理想像とする中で、「データベース」、「モデルと属性」、「プロダクトモデリング」としてとりまとめ、さらに現実の業務の中での位置づけを明確にして、実行可能なものとして修正していくことにした。

## 3. 研究内容

### （1）すすめかた

本研究は、当初、学会活動であるという長所を生かし、まず実態調査を行おうという意見もあったが、何らかの結論または仮説を持たずに利用実態を調査しても、有効な提案を行うことは困難であるとの考えから、メンバー各人の経験をベースに討論を重ねることにより、理想とする土木CAD/CAEを構築することとした。

すなわち、要件を積み上げるというボトムアップ方式では、目先のニーズが優先しがちであり、将来を展望したシステムが小さなものになってしまうという欠点があるため、これを避け、まず理想像を作り、その実現可能性を検討するというトップダウン方式で検討を行った。

この方式では、ややもすると実現不可能なシステムを提案するといった欠点に陥り易いが、今回のメンバーは各企業の設計、工務等の実務担当者であり、理想像といえどもむしろ控えめな提案になったかの感もあり、要件定義面ではユーザーのニーズは十分に反映できると考えた。

研究は、以上の方針にのっとり、①土木におけるCAD/CAEの現状と問題点を抽出し、②CAD/CAE利用の最近の状況を捉えるための文献調査を行い、③CAD/CAEの理想像を描くとともに、その具備すべき要件を考察した。

### （2）現状と問題点

CAD/CAEの土木における現状とその問題点を以下に見てみよう。

まず、CADというコンセプトが世に出たのは、今から30余年前の米国MITの研究からであるといわれている。この時に提唱されたことによれば、近い将来、製図板がなくなり、設計者はすべての設計作業をコンピューターのCRTに向かうだけでこ

なせるようになるというものであった。現実には、このコンセプトの実装に30年以上かかっているが、基本的にはその妥当性が証明されつつあるといえよう。

現在、CADの利用範囲は機械、電気をはじめとし、使用されていない分野を探す方が困難な状態にまでなっている。ところで土木に目を転じてみると、先に挙げた機械、電気等の分野での利用の隆盛ぶりにはおよぶべくもなく、残念ながら大きく立ち後れているとの印象を否めないのが現状である。

CADの定義を「グラフィック・ディスプレイ装置を用いて対話的に設計業務を遂行する事」とし、その目的とするところが、「設計の標準化、省力化」、「ミスの排除による精度のアップ」、「トライアルの容易さによる成果の高精度化、高品質化」、「情報のプレゼンテーション」であるとすれば、土木におけるCADの現実とはドラフターのかわりにディスプレイ装置を使って図面を描く、いわゆるコンピューター・エイディッド・ドローイングが主となっており、その目的の一部分が達成されているのみである。このことは実際に設計業務全般にわたって利用するシステムが現状では皆無の状態であることからもうかがえる。

施工会社における現状を見てみると、土木は同じ建設分野である建築と比較してもCAD化が遅れているといえる。その要因の一つとして発注形態の差異があげられよう。建築は民間からの受注が主であるため、その中で企画計画、設計積算、施工、維持管理と言う一貫した業務の流れが存在する。一方、土木はむしろ官公庁からの受注が多いため、企画計画、設計積算は発注者、コンサルタントにおいてなされる場合が多く、施工会社は仮設や各施工段階のチェック、検討が主となる。このため独自で設計を工夫できる余地が少ないことと、施工を前提とした設計はその精度を高くする必要があるため、かえってCAD化をしにくい面がある。

土木設計の特徴として個別設計／一品生産性が挙げられる。その対象範囲がトンネル、ダム、地下鉄、仮設、土地造成など非常に広範囲にわたるため、システム化のパワーが分散してしまいやすい。

土木においてはCAD／CAMの連携がほぼ皆無であること、設計法／施工法／基準／仕様等が発注

者毎に異なるなど、その標準化／統合化はその困難さのために大きく遅れているため、企画計画、設計積算などの上流工程で作成されたデータがそれ以降の下流工程で利用できる余地が少なく、データの一貫した流れが図りにくい。また、現在のソフト／ハードの能力では開発に膨大な費用と時間がかかる等の理由から、CAD化による効果が出にくい。このため、現在のマンパワーを置き換えるだけでは、メリットが無いのが現状である。

さらに土木の場合、将来も含めて評価してくれる機関が存在しない点も問題である。せっかく高価なCAD／CAEシステムを導入しても、結局、社内でどれだけ省力化できたかというような評価になってしまいやすく、その普及を妨げる原因になっている。

また、CAD教育の重要性は理解されてきているものの、実施には対象者の選定、時間的問題等があり、技術者の育成が低迷することとなっている。

現状のCADソフトに関していえば、CAD間のデータ交換に確立された方式がなく、ユーザーはそれぞれIGES、DXF、PCE等S等の既存の規格・形式を工夫しながら組み合わせて使っており、他システムとのデータの共有化ができない。

また、マン・マシンインターフェースが未熟であるため使いにくく、操作が専用オペレータによる事が多くなり、CAD化を推進することが専任オペレータの負担増につながる事となる。さらに、CADを理解していない設計者と土木を知らないオペレータのコミュニケーションに難がある等の問題が存在する。

ハードウェアでは、近年のパソコンの処理速度の向上によりいささか緩和されつつあるものの、CADシステム全体で考えると、その価格が高いことと、3次元に代表されるような複雑な処理に対してはまだ遅く能力不足を否めないこと、プロッター等の出力機器の速度がまだまだ遅い点等が挙げられる。

### (3) 最近のCAD／CAEの状況

CADシステムの機能は、コンピュータの性能に依存する割合が大きい。現在の主流は、昨今の急激な性能向上により、これまでのメインフレーム／ミニコンからワークステーション／パソコンに完全

に移行している。また、現在のC A Dシステムはドラフティング・マシンから脱皮しようとしている。

日経C G<sup>3)</sup> 4) 6) の調査結果によると、建築・土木分野について、主として以下のような傾向を明かにしている。

- ・利用率の向上
- ・利用対象の多様化
- ・2次元C A Dを軸に、3次元C A D化
- ・パソコンC A Dの有効利用
- ・様々な処理を実行できる統合型C A Dの出現
- ・C A DのプラットフォームとしてのE W Sの増加
- ・複数台のパソコンC A D利用者の増加
- ・処理速度に対する不満
- ・オペレータの不足
- ・L A Nの普及の遅れ
- ・ダウンサイジングによるファイル管理等の悩み

土木分野におけるC A Dの利用は、機械、電気、など各分野と比較すると、図-1に示すように利用状況はまだ低い。

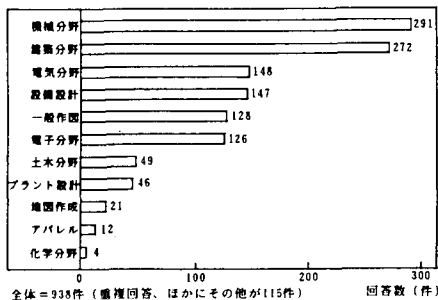


図-1 分野・業務内容別C A D利用状況<sup>6)</sup>

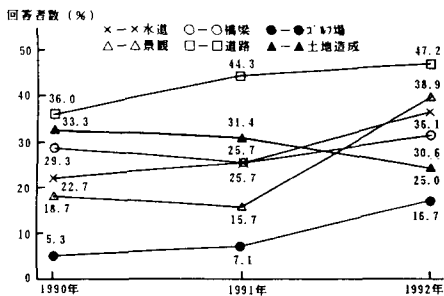


図-2 土木分野での利用対象作業<sup>6)</sup>

しかしE W S、パソコンの普及と共に、本格的な

C A D利用が始まりつつあり、土木分野でのC A D利用状況を図-2に示す。

一方、機械、電気などの他分野においては、操作性とユーザー・インタフェース、3次元パラメトリック設計、設計・生産の統合化、データベース、C Gによるレンダリングとプレゼンテーション、異なるC A Dシステム間のデータ互換、ネットワーク、カスタム化・・・など機能を充実、拡張している。

C A Eは当初コンピューター上に3次元で実在感のある各種モデル(ソリッドモデル)を作り、これに必要な一連の検討を加えながら試行錯誤を繰り返し、求める製品を見出していくような狭義な意味でとらえられていた。

現在、C A Eは広義な意味で使われ、開発段階では、構造解析や実験的なシミュレーションを行い、さらに基本設計、詳細設計、製造ラインから検査工程に至るまで全工程を連携した形で統一的に支援するシステムを言うようになってきている。

土木分野ではこれまで橋台、橋脚、逆T字型擁壁など専門分野に細かく分かれた設計ツールしかなかったが、汎用C A Dに専門的な自動作図機能を組み合わせた製品が出現し始めてきており、普及が進みそうな気配であるが(図-3)、全工程(企画計画～設計積算～施工～維持管理)に及ぶC A Eは今後に期待されるところである。

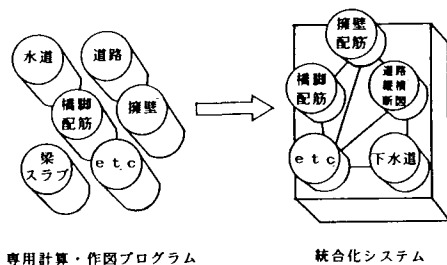


図-3<sup>6)</sup>

#### (4) 建設マネジメントにおける理想とするC A D / C A E

##### a) 理想像

3-(2)で述べたように土木においては、C A Dはまだ製図作業を中心としたドラフティング分野のみでの利用が中心である。その要因としてすでに述

べたように土木業界全体の環境的要因もあるが、土木での利用に適したシステムが存在していない事も大きな原因である。現在良く使われているシステムは機械製造分野向けのものが多く、土木分野ではそれらのシステムを工夫して土木に適用している。CAD回りの適用プログラムの開発や各業務間のデータの変換等にかかなりの労力をかけている。そこで、本章では土木における理想のCAD/CAEシステムの姿を一つの案として提案する。

土木での業務の流れをおおまかに表せば、図-4の様な業務の流れになる。

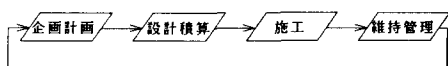


図-4

現状のCAD利用はこの中の「設計積算」での製図作業での利用が中心である。それでも、最近3次元CADの「企画計画」におけるプレゼンテーションでの利用、「施工」におけるパソコンCADの利用などのように少しずつではあるがCADの利用が進んでいる。しかし、各業務間のデータの流れはなく、各業務毎にそれぞれのシステムへの入力作業を行っている事が多い。そのため、経費や効率の点などから「設計積算」業務以外での利用があまり進まない。

理想的なCAD/CAEのイメージ図を示せば図-5の様な統合CAD/CAEシステムが考えられる。

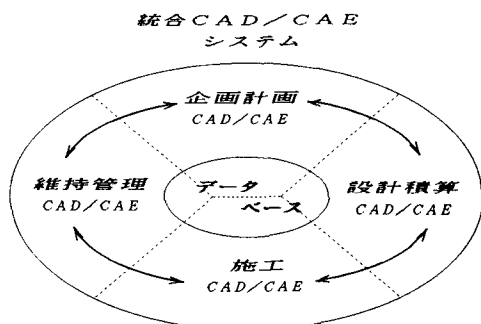


図-5

このシステムは、普及するためには当然以下の要件を満たしている必要がある。

- ・ 価格が安い
- ・ 使用に耐える処理スピード
- ・ 土木技術者が直接操作できる
- ・ 操作方法が共通
- ・ 各業務で要求される機能を持つ
- ・ 既存の利用システムの組み込みが簡単

この統合システムは、各業務を処理する各々のCAD/CAEシステムにより構成されている。データに関しては、「データベース」システムが一括して管理する構造となっている。

この統合システムを実現するための鍵となると思われる「データベース」、「モデルと属性」および「プロダクトモデリング」についてはb)、c)およびd)において述べるが、各々により実現される機能を以下に述べる。

「データベース」システムにより、各業務間のデータの互換性や設計変更等の履歴管理が実現される。今までの様に各業務間でデータ変換を行ったり、再入力を行ったりする事がなくなる。

「モデルと属性」においては、3次元データが基本となる。製図など2次元データを必要とする業務においては、3次元データからの変換で基本データの作成が行える。

「プロダクトモデリング」により、単一モデルから用途に応じた適切な応用モデルが提供される。モデル自身の持つ意味を計算機が取り扱うことにより、業務間の連携が図られ情報の統合化が可能になる。

以上のようなシステムが実現されるにはかなりの期間がかかるであろう。しかし、今後の技術者の不足や技術の伝承の困難さを考えると、さらにAI-CADあるいはインテリジェントCADと呼ばれているシステムの実用化に対する期待も大きい。

それらのシステムによって、若年技術者の即戦力化やシステムによる誤りの訂正やアドバイスなどの実現が可能になるであろう。そのようなシステムによる効果は絶大なものになるであろうし、近い将来には必要不可欠のものとなるであろう。

#### b) データベースに必要とされる要件

CAD/CAEシステムを考えるとデータベースの位置づけは非常に重要であり、今日、CAD/

C A Eにおける新しい考え方への対応が求められている。

C A Dで扱うデータは点、線、面、文字等からなる図形要素とそれらから形成される形状と属性のデータである。単一の実体を持ち、形状とそれに付随した属性も合わせて取り扱い、また特定の用途に依存せずに部品モデルのデータを持つという考え方であるプロダクトモデルに対しても対応できる構造であることが必要である。

今後、形状特性を取り扱う3 D技術で設計者の意図を後工程に伝えることができるフィーチャ・ベース・モデリングのような洗練されたモデリング技術がますます発展すると考えられ、内部データの持ち方もこれに適応した構造を考えていく必要がある。

また、C A Dのネットワーク化が進む中で並列同時作業時(コンカレント・エンジニアリング)のデータ相互の関連性を明確にすることへの対応もできるデータベース体系が必要となる。

以下にデータベースに必要とされる要件を述べる。

#### ① データ互換性

データは各業務をつかさどるシステムに対して互換性がある事が条件となる。理想像の章で述べたとおり、それぞれの業務、すなわち「企画設計」、「設計積算」、「施工」、「維持管理」の流れの中でC A D/C A Eシステムにおいて共通に対応できるデータが必要とされる。そのデータベースが一元管理されることが必要である。また、データベースを物理的に分散したサーバー機に持たせたとしても、あたかも一つのデータベースであるかのように扱える分散データベースの仕組みを構築することが必要である。

#### ② 属性データ

構造物のC A D/C A Eデータとして実際の物質にある物理特性を持ち、部品として登録可能で名称・規格(サイズ)・品質(材質)・力学特性(弾性係数、熱伝導率、許容応力度他)を持つ必要がある。このデータを用いてコンピュータ内で各種実験・シミュレーションに提供できるデータを保有する。

#### ③ D Bの構造

構造物を扱うデータは3次元が扱えること及び、

座標系として局所座標系、全体座標系の両方が扱えることが基本となる。また、使用目的に応じてデータベース内の見掛けの階層構造が変化する機能も必要とする。

#### ④ 部門データベースと基幹データベースの有機的結合と連動

データ相互の関連性が明確であり、各業務部門で扱われる構造物のデータについて変更や更新等に対し、ネットワークを通して基幹データベースにダイナミックに反映されることが必要である。

#### ⑤ 履歴の管理

各業務部門で扱われる構造物について設計変更等のデータ更新が行われた場合、以前のデータから現在までのデータのヒストリーが保管され、必要に応じて参照できる履歴管理機能を必要とする。これは設計変更等で活用される。

#### ⑥ 知識データベース

設計知識、設計技法、各種規制、法規などの知識蓄積機能とフレキシブルな検索機能があり、業務目的に応じたデータ抽出が速やかに行えることは多面的な検討を必要とする設計作業に対し大きな支援機能となる。これはインテリジェント化、A I化の技術とも連動して研究していく必要がある。

#### ⑦ 各種先端技術、新技術との対応

コンピュータや通信の先端技術を取り込み、システム機能の拡張・充実に図っていくことが今後とも必要である。文書、図面、C G、幾何形状、属性等幅広いデータへの対応が行えるようになる。各業務に必要なデータも同時にサポートできる情報システムとなる。設計条件、土木設計データなど基本的なもののすべてをデータベースとして管理する。また各種データへの対応として、他システムのソフトとのデータを共用できるベクター・ラスター変換が可能なものや、部品についてはイメージデータを参照可能なもの等が要求される。

以上データベースについて述べたが、これらが一つ一つ実現されることがより優れたC A D/C A Eシステムを実現する上で必要である。

### c) モデルと属性

ここでは、モデルを「実体の持つ属性のうち、ある特定のものを抽出して、考察するのに便利のように、その実体を抽象化したもの」とし、属性を「形状をはじめとする実体の機能、性能、構造、トポロジー（空間の位相的性質）、材料、材質、設計プロセス、設計履歴等を指す」と考えることとする。

ところで、このモデルを定義するモデリング技術に着目したときのCADの発展段階は大まかに以下のように分けられる。

- ① 2次元形状モデリングによるCAD
- ② 3次元形状モデリングによるCAD
- ③ プロダクトモデリングによるCAD

2次元形状モデリングによるCAD（以下2次元CADと称する）は、その原型をMITのCADプロジェクトの成果である対話型2次元図形処理システム（SKETCHPAD）に見ることができる。

当時、CADにおけるモデル化は対象物の幾何情報をコンピュータ上に表現するだけで十分であると考えられていた。すなわち、2次元CADは製図板上の紙に鉛筆と定規でおこなっていた製図作業を、コンピュータのCRTとデジタイザーに置き換えたものであったといえる。よって、このCADは手作業とコンピュータ利用との違いはあったが、従来の設計製図作業の形態と大きく変わるところがないため、設計現場に受け入れ易く、現在でも土木ではCADの主流となっている。しかしながら、問題点として、支援の対象が製図作業に限られることと、入力したデータを図面作成の目的以外に転用することが困難なことがあげられる。

3次元形状モデリングによるCAD（以下3次元CADと称する）は、もともと3次元物体である設計対象物を、2次元図形の集まりで定義するのではなく、直接3次元で取り扱うことにより、2次元CADで生じる種々の不都合を克服するために登場したが、処理速度の遅さ、コストの高さ、利用できるアプリケーションの少なさ、入力の手間などのため、普及には時間がかかっており、特に土木においては、ここ数年でやっと環境が整い始めたところである。しかしながら、この3次元形状モデルで定義された対象物は、土量などのボリューム数量計算、

FEM解析のような工学計算、空間における取り合いや干渉の検出および景観評価などなどの種々のアプリケーションが適用可能になることから、2次元CADのような製図のみの支援にとどまらず、より広範囲な支援の可能性があるといえる。現在は企画計画や設計積算などのごく一部に限定されている用途も徐々に拡大し、建設マネジメント業務の各段階での利用が可能になることは、そう遠い将来ではないと期待できる。

しかしながら、その利点を述べた3次元CADも、すでにその限界がみえてきており、より発展したものとしてプロダクトモデルに代表される非形状情報を盛り込んだモデルの必要性が議論されている。

### d) プロダクトモデリングCAD

このプロダクトモデル自身は現在研究段階であり、明確な定義は確立されていない。概していうと形状だけでなくその他属性、すなわち、物理情報、機能情報、設計意図、さらに設計途中の履歴情報も含んだモデルと言えよう。

肝心な点は、プロダクトモデルの実体は一つしかないことである。

3次元CADにおいては、用途によってモデルを作り直す必要が多々生じることとなるが、プロダクトモデルはその見方によってそれぞれの用途に応じた適切なモデルに変化する機能を備えている。

たとえば、FEM構造解析用プログラムからこのプロダクトモデルを見るとFEMモデルが見え、工程計画プログラムからは工程用モデルが見えるということになるわけである。このことは、お互いのやりとりに付随する二度手間をなくすばかりでなく、お互いの情報に時間的ズレが生じることもない。

また、たとえば、施工者がプロダクトモデルの施工手順を変更すれば、工程計画プログラムからは直ちにこの変更が認識できるが、通常施工手順などの影響を受けないプログラム群からはこの変更は見えないことになる。

このようにプロダクトモデリングはコンピュータに図面情報等を表現すること自体が目的ではなく、このモデルを用いて企画計画、設計積算、施工、維持管理の各段階の自動化を推進するとともに、建設マネジメント全体を通じての情報の統合化を目指す

ものであるといえよう。

このように、プロダクトモデリングでは対象表現の意味を計算機上で取り扱うこととなるが、この方法の実現には今後の研究を待たねばならず、短期間での具現化は期待できないが、このモデリングにより情報の統合化が可能になることによるメリットは非常に大きいものと期待される。

#### 4. おわりに

今回の発表では、土木の建設マネジメント業務において理想と考えるCAD/CAE像を模索してみた結果を示した。その過程のなかで、「データベース」と「モデルと属性」および「プロダクトモデリング」は特に重要な要件として取り上げてみた。

今後は、理想とするCAD/CAEの将来における利用展開と土木建設マネジメントのあり方の検討を行い、その成果を1993年3月を目標に報告書として取りまとめたいと考えている。

当グループの構成メンバーを以下に示します。

(1992.10現在、◎：リーダー、○：サブリーダー)

- 荒川 和久 (立命館大学)
- 折敷 秀雄 (建設省)
- 金井 進 (戸田建設)
- 北角 哲 (奥村組)
- 高田 知典 (三井建設)
- 富樫 豊明 (本間組)
- 春名 攻 (立命館大学)
- 飛田 裕 (日本国土開発)
- 平原 昇 (東亜建設工業)
- ◎中山 亮 (東洋建設)
- 西村 秀文 (東洋技研コンサルtant)
- 峯浦 孝雄 (三井不動産建設)

#### 【参考文献】

- 1) 花村義久：土木工学におけるCADの現状と課題、土木学会論文集 第349号/VI-1、1984.9
- 2) 吉川弘之・富山哲男：インテリジェントCAD (上、下)、朝倉書店、1989
- 3) 日経B P社：第4回パソコンCADユーザー利用実態調査、日経CG PP.42-55、1991.4
- 4) 日経B P社：第5回CADユーザー利用実態調査、日経CG PP.42-53、1991.11
- 5) 図形処理情報センター：CADシステムの最新動向、PIXEL、1991.11
- 6) 日経B P社：第5回パソコンCADユーザー利用実態調査、日経CG PP.40-51、1992.4