

CAEシステムの構築の課題

鴻巣 維彦^{*1}, 内藤 鉦一^{*2}

東芝・電算機のAシステム事業部^{*1}, 総合情報システム部^{*2}

コンピュータを適用した設計・製造の生産性向上を図る多くの言葉がある。例之
び、CAD、CAM、CAE、CIM等の用語は時として混同をまねく。この
ことには技術者の生産性向上、開発技術力の向上への関心の高まりの現われで
あろう。この推進を図るには、CAD/CAMである。しかし、CAD/
CAMは主として製図やNC等従来の手作業の省力化に重きが置かれ、設計の基
本である解析や評価等のコンピュータ・シミュレーション機能に欠けは十分と言
えない。一語、これらの解析・評価用のソフトはこれほど種々の開発士に
てい。

従って、これらの既存のソフトを有効活用した統合化した設計支援システム
の整備が次の課題であり、当社の行、これらの統合化方法について紹介する。

The way to integrate the CAE system

Masahiko KOHNOU^{*1}, Masakazu NAITO^{*2}

Toshiba, Computer Division, Total Information System^{*2}

There are many words concerned with the increase of productivity of engineers using
computer. These words; CAD/CAM, CAE, CIM may sound to some exaggerated. In fact, CAD/CAM
has made a great contribution to the improvement of productivity. But, CAD/CAM has placed
an importance on save hand work labor such as Drafting and NC, and has been lacking
in computer simulations such as Analysis and Evaluation of Design.

Therefore, we must build up the Integrated System that consists of CAD/CAM and
computer simulations. This is the problem which confront us to press for improvement in
the quality of engineers. This paper will introduce the way to integrate CAD/CAM and
computer simulations that has been wrestled by Toshiba.

1. はじめに

コンピュータ活用による設計あるいは製造の生産性向上の方法として多くの言葉、一例之ば、CAD、CAM、CAEあるいはCIM等がある。このことは技術者の生産性向上、開発技術力の向上への関心と要求の高さの現われであろうが、これらの用語は時と場合により混同をともなっている。

この推進を果して来たのはやはりCAD/CAMである。反面、設計・生産ツールの一として発展したCAD/CAMは、製図もしくは機械加工等の従来の作業を要していた作業の効率化に重点が置かれ、設計・生産活動全体を網羅するツールとしては十分ではないとの指摘もある。このため上述の新しい言葉が生じたように思える。例之ば、設計要求に対する製品の性能・仕様を決定するコンピュータ・シミュレーションに關しては外部インタフェースを留意しているのが解析・評価等の支援ツールおよびこれらのツールを統合化する方法に關しては欠落している。このため現在のCAD/CAMシステムとさらに拡張した設計・生産の全体をサポート可能な統合システムの構築に關心が移ってきている。特に、従来のCAD/CAMと区別するため、上述CAEは設計の統合化、CIMは生産の統合化構想として新たに生み出された言葉のように思える。

因に設計・生産に要求される機能に対してCAD/CAMの機能と既存の専用ソフトの機能とを比較を示す。

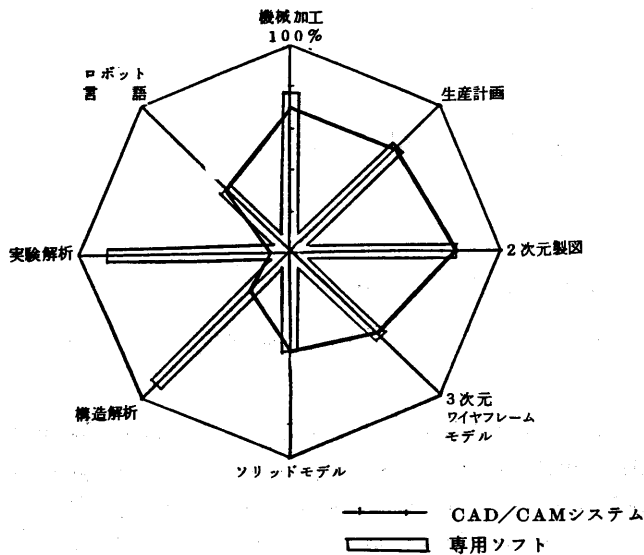


図1 設計に必要な機能

図より明らかのようにCAD/CAMが不足している構造解析あるいは実験解析等の設計解析。評価用の専用ソフトは既に多数存在している。但し、これらの専用ソフトは個々に独立しており統合化の途におりて問題がある。従って、これらの産産を有効活用した統合化システムの構築が次の課題がある。

一方、効果的に統合システムを構築するに当って、1つのソフト、1つのシス

テムと全と対応するニヒ困難がある。このため当社では、技術業務の機械化推進の構想の中で、設計業務の合理化を図るEA (Engineering Automation) の標榜のモヒに統合化を進めている。このため、図2に示すように設計業務をCAE, CAD/CAM, そしてCATに大別し、相互のシステムとして統合を図り、さらに各システム間は共通のデータベースで統合する。

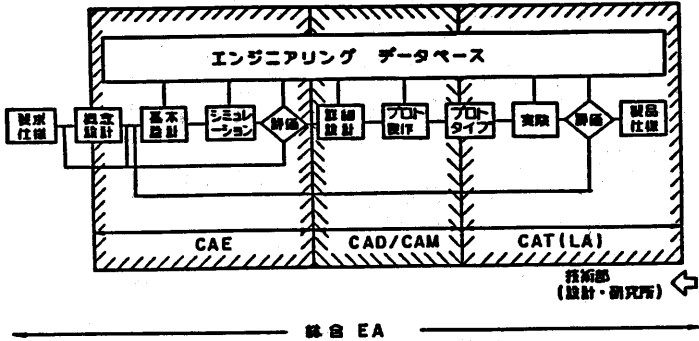


図2 総合EAシステム概念図

CAEは、設計の解析・評価を主体とする統合化システムであり、コンピュータを活用し、概念設計・基本設計の効率化を図る。この結果は次工程のCAD/CAMに伝達され、詳細設計および製品のより具現化が図られる。CATは、実験あるいはコンピュータ・シミュレーションによる製品の仮想評価・検討を行う。特に、試作・実験の実施等を数値実験で代替するニヒによる実験解析支援システムであり、機能的には一部CAEに含まれる。

本論では、EAシステムの中で特にCAEに注目し、当社で行っている統合化方法について紹介する。

2. CAEシステムの構築

当社の考えているCAEは設計の上流工程である概念設計あるいは基本設計を支援するツールと定義している。CAEの考えは、製品のモデルをコンピュータ内に構築し、実使用条件下でのコンピュータ・シミュレーションを実施し、概念設計段階から製品の機能・性能を確認しながら各部分の設計仕様を決めるというところにある。

従って、CAEの主体は解析と評価ソフトとなる。図3は設計解析ソフトの関連分類図である。一般にこの種のソフトに関しては自製あるいは商用ソフトを含め非常に数多く存在する。但し、問題はこれらのソフトが相互に独立しており、統一化が図られていないことである。

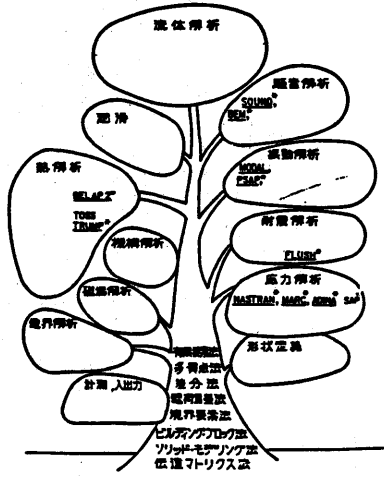


図3 解析・評価ソフトの関連図

従って、CAEシステム構築に当り必須の機能としてこれらの解析・評価ソフトの有機的結合と統一が図れることである。図4にCAE統合化の概念図を示す。

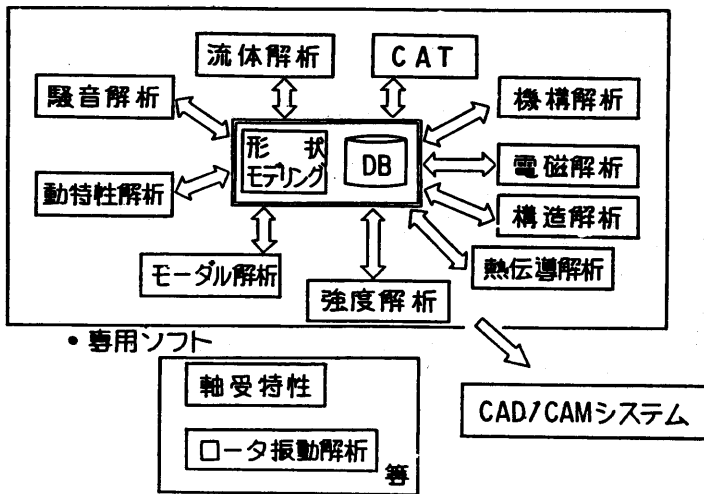


図4 CAEシステムの概念図

CAEシステムの中核は、解析・評価に共通して活用される形状モデリング機能とデータベースである。この周りに各種解析ソフトが集められる。各解析ソフト間の具体的なデータの受け渡しを可能とするため解析ソフトに共通のファイル形式を設定した。これをCAE共通ファイルと呼ぶ。利用者から見たCAE関連図を図5に示す。

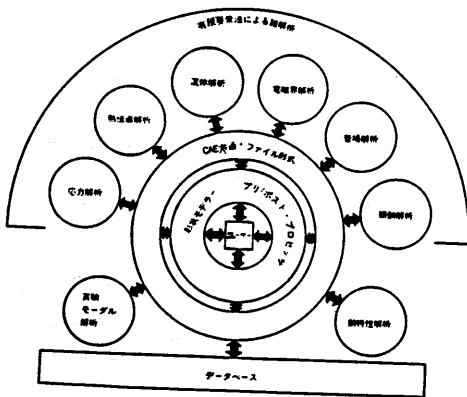


図5 CAE関連図

利用者は、製品の形状モデルを作成し、このモデルを用いて構造解析、熱伝導解析等、設計に必要とする解析・評価を行う。CAEシステムを用いて評価した結果は、より具現化するための製造あるいは機械加工を行うCAD/CAMに伝達されなければならない。

伝達方法に関しては種々考えられるがCAEとCAD/CAM間のデータ交換としてはIGESが有効であると考へておく。

図6にCAEとCAD/CAM間のデータの流れを示す。

2.1. 各種解析ソフト間の有機的結合

既存のソフトあるいは今後開発・導入するソフトも含めた統一的思想のもとに有効活用が図れることが必要である。これを実現するために設定したのがCAE共通ファイルである。CAE共通ファイル形式は、解析ソフトに関連するデータ群毎にデータの識別番号と実際のデータ形式(フォーマット)を決めたもので、データ構

造は非常に単純なものである。基本単位は4つのセクションより構成され、各レコードは固定長(80文字)のASCIIデータとした。

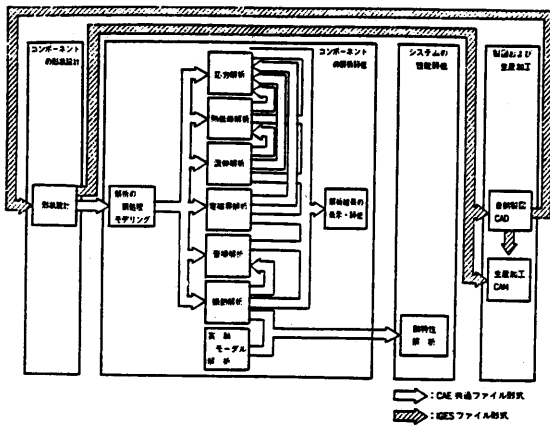


図6 CAEとCAD/CAM間データの流れ

- (1) 開始部: 開始を記述する1レコードから成る。
- (2) 識別番号部: 各データ群に対応して識別番号を並び、データ形式を決定しており、識別番号部が識別番号を指定する。
- (3) データ部: 識別番号毎に決められたデータ形式に従って実際のデータを与える。このデータ群には、
 - 1) 幾何データ: 点, 線分, 円弧, スプライン曲線, エッジ(端), 面, 各種データ等。

- 2) 有限要素解析データ: 節点, 要素, 座標系, 拘束条件, 解析結果(変位, 応力等), 外力条件等。
- 3) 動的性解析データ: 周数データ, 結合関係データ, スカラー値のリスト等。
- (4) 終結部: 終結を記述する1レコードから成る。

表1にCAE共通ファイル形式を示す。CAEは、現在発展途上であり、解析手法やソフトはその都度新しい優れたものに置き換え、追加・更新の必要がある。従って、CAE共通ファイル形式は柔軟性が図れるように上述のような単純なデータ構造とした。

表1 CAE共通ファイル形式例

データ群	識別番号	データの形状(フォーマット)	実際のデータの説明
節点データ	15	(I10, 3E13.5)	節点番号, 座標値
要素データ	16	(2I10/8I10)	要素番号, 材料番号, 要素構成節点番号
拘束条件データ	32	(I10, 6I2)	拘束条件番号

2.2. 適用例

CAEシステムの適用例として、次の2つのケースについて紹介する。

(1) 超電導発電機の電磁力による応力解析

本例は、超電導発電機の電磁界解析と応力解析を行うためのものである(図7①)。はじめにコイルサポートの1/4モデルを2次元問題としてモデル化した(図7

③), 形状モデルをプリプロセッサを介して電磁界解析のための解析モデルを作成する(図7②)。電磁界解析の結果をポストプロセッサに渡し図形表示による評価を行う(図7④)。次に、この結果(電磁力)をCAE共通ファイル形式で応力解析プログラムに渡す。再びプリプロセッサを用いて境界条件の指定を含めた構造解析用モデルを作成する(図7⑤)。応力解析結果はCAE共通ファイル形式でポストプロセッサに渡し、表示・評価される(図7⑥)。

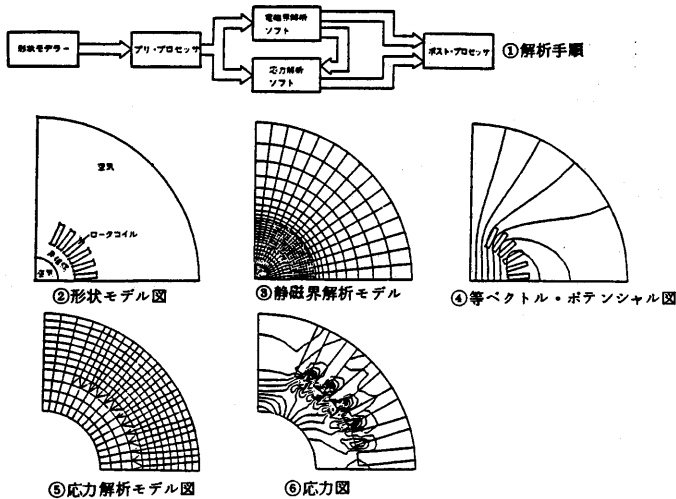


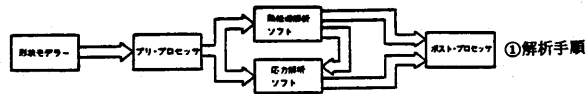
図7 超電導発電機の電磁力に対する応力解析例

(2) マグネトロン陽極部のヒートサイクルの耐力の計算

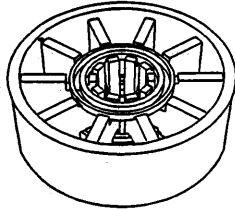
電子レンジ用マグネトロン陽極部の小型化とそれに伴う熱による耐力低下の改善が本計算の目的である。この計算の手順は、図8①に示す。最初の形状設計では2次元プロファイルと定義し、次に移動・回転・集合演算により全体形状を作成した(図8②)。この形状モデルを作成した1/5モデルをプリプロセッサを用いて解析モデルを作成した(図8③)。図8④は熱伝導解析結果であり、図8⑤は熱応力解析結果である。2つの解析事例について従来の方法と今回の方法による作業工数の比較を表2に示す。本比較では作業工数の80%強の省力化が図れた。

表2 作業工数の比較

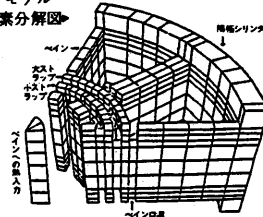
例題 1.	従来の方法	今回の方法	例題 2.	従来の方法	今回の方法
形状モデル作成	30 時間	2 時間	形状モデル作成	60 時間	3 時間
電磁界解析モデル作成		3 時間	熱伝導解析モデル作成		4 時間
電磁界解析	1.5 時間	1.5 時間	熱伝導解析	3 時間	3 時間
応力解析モデル作成	60 時間	3 時間	応力解析モデル作成	45 時間	4 時間
応力解析	2 時間	2 時間	応力解析	4 時間	4 時間
計	93.5 時間	11.5 時間	計	112 時間	18 時間



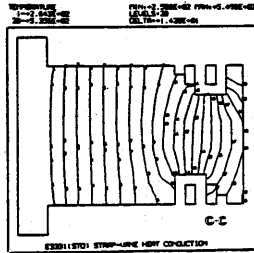
③全体1/5モデル
有限要素分解図



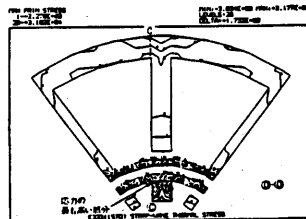
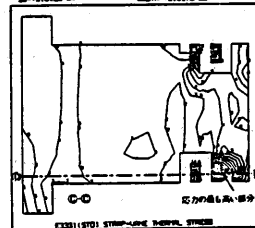
②形状モデル図



⑤応力分布図(断面C-C)



④応力分布図(断面C-C)



⑥応力分布図(断面D-D)

図8 マグネトロン陽極部の熱応力解析例

CAEシステムの構築の推進により、技術者の知的作業、労務を回避できる可能性を確認できた。また、このような直接的効果の他にこれまで重複あるいは散在していた各種の解析・評価ソフトの整備が行われ、統合化が進む中で、ソフト資産の再利用が図れたことはソフト生産性向上の観点よりも大きな効果が図られた。

3. おわりに

製造業に比して技術開発力の強化、生産性の向上は企業経営の戦略的課題である。即ち、CAと同様設計部門の合理化を目的としたFEAが重要視されてきている。CADはこのような社会的要請とコンピュータ技術の発展と相伴って両花し、ここ数年急速に成長を留まらずに知られたい。しかし、現状のCADは設計の省力化・品質向上は図られるが、高い要求である技術者の単純作業からの解放に關しては十分な効果は低く、製造業の設計の一部の省力化に留まると言える。今後のCADへの展開を考へるに當り、その源泉であるMITのCADプロジェクトを省りた。このプロジェクトの構想は、コンピュータによる設計全体を合理的

するシステムの構築があった。当時の技術では、3次元図形処理、特許用データベースおよび設計用シミュレーションに関連して解決できず結局計画倒れとなった。これらの問題の解決の糸口が20年経た現在ようやく見えてきた。特に、現在のCADが本来意味するDesignではなくDrawing中心である反省からCADプロシクトの構想がCAEと呼び名を変えて引き継がれていっているように思う。丁度ばかり返すと言われるように20年前に提起されたCAD構想は現在ようやく実現化された新たな問題が顕在化してきた。特に、CAEシステムの活用・普及においてその効果を発揮するには利用者の技術レベルが非常に重要となる。

例えば、設計解析を行う利用者は、少くとも有限要素法による経験・知識あるいは工学的知識を有していなければ、いかにコンピュータ環境が整えられてもただ単にコンピュータで解いたという流習に終ってしまふ。この問題に対処するために解析・評価をコンピュータで行わせるExpertシステムへの関心が集まってきた。

1つは試みとして有限要素モデルの自動最適化の研究がある。即ち、利用者が適当な要素分割したモデルに対しコンピュータが解の誤差評価し、要素分割の最適化を図る。これにより初心者でも、ある程度安心できる設計が可能となる。

図9に簡単な事例を示す。これは片持梁の曲げ解析の例であり、図9①のように要素分割したモデルを最適化し図9②のように分割を改善する。この両者の結果の比較を図9③に示す。

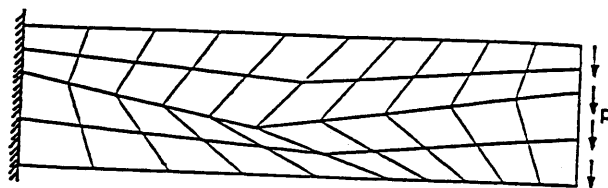


図9① 片持梁の曲げ (初期モデル)

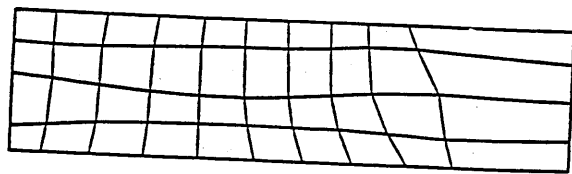


図9② 要素分割の最適化 (修正後)

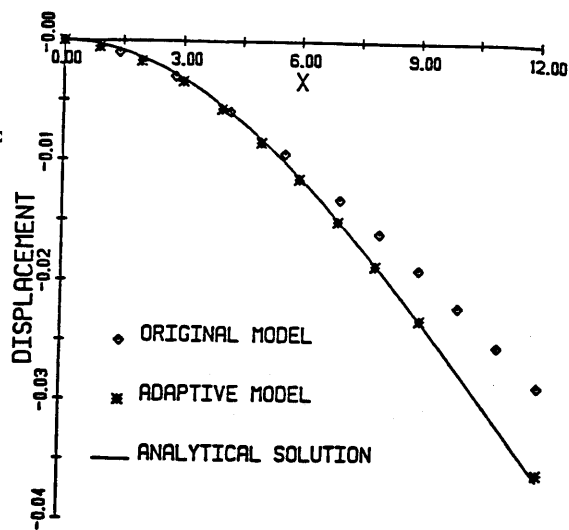


図9③ 変位量の比較

コンピュータの発展を見るに効果のあるものから、コンピュータ化しやすなものから機械化がなされてきた。今後は、これまで取り残されてきた問題をいかに取り込み統合化するかの課題がある。