

製品設計の最適化技術

大高 理秀* 富田 玄隆**

1. はじめに

現在、設計・開発の現場では、競争力の激化、ユーザからの激しい製品要求にさらされ、製品の軽量化・安全性・信頼性の向上、設計サイクル（基本設計→詳細設計→試作→性能チェック→設計変更→試作の繰り返し）の短縮化が追求されている。そこで、開発設計支援ツールとして、CAE（Computer Aided Engineering）がますます重要になってきている。しかも最近では、EWS（Engineering Workstation）・パソコンが大容量のメモリ・ハードディスクを持ち、処理速度も大型コンピュータに近づいたため、パソコン上で稼動する各種解析用プログラムが市販され、中小企業の中にも導入する企業が見られつつある。CAE技術とは、今まで熟練設計者が経験を頼りに設計し、多大な費用と製作時間をかけて試作・試験していた事を、設計段階において、コンピュータ上の形状モデルを使って、各種解析を行い製品の安全性・信頼性の事前評価を行うものである。CAEの手法としては、有限要素法（FEM）・境界要素法（BEM）及び差分法（FDM）がある。その中でも有限要素法は、強度解析などの構造解析分野において最も利用されている手法で、一般に

- ① 解析対象を要素分割
- ② 要素の物理量の近似関数の仮定
- ③ 要素剛性方程式の誘導
- ④ 要素剛性方程式の全体剛性マトリックスへの重ね合わせ
- ⑤ 全体剛性マトリックスへの境界条件導入
- ⑥ 連立一次方程式を解く

という一連の手順に処理される。この手法で問題とされる点は、解析対象を要素分割し近似するため、要素数で解析精度が決まり、また分割の仕方によって解析結果の信頼性にも大きな影響を与えることである。そのため解析精度を上げるのに要素を増やすと計算時間が増大する事になり、実製品に利用していく上で問題となる。

そのために我々は、CAE技術が、実際の製品設計の最適化にどれほど有用か検討した。

この報告書では、平成3、4年度に行った研究も含めて上記の内容を報告するものである。

2. CAEシステム概要

図1にシステム構成を示す。ハードウェアは、

- ・3次元CAEシステム（HP9000モデル730）
- ・CAE端末装置（HP9000モデル720）
- ・Xターミナル装置
- ・パソコン（PC-9801DA）

をイーサネットで構成し、ソフトウェアは、

- ・対話型総合CAEソフト（IRIS）
- ・構造解析ソフト（COSMOS/M）
- ・流動解析ソフト（CAPLAS）

がインストールされている。なお、パソコンを除いた端末では、モデル作成と解析結果表示ができる構成とした。

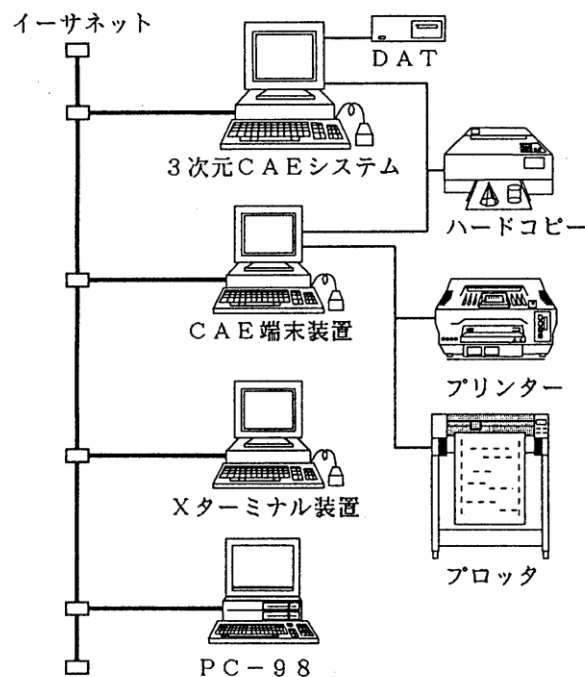


図1 CAEシステム構成

3. 静解析問題

静解析問題として県内企業が生産している板ばれを解析して、CAE技術の有用性を検討した。モデル形状を図2、解析モデルを図3に示す。要素としては、2次元と3次元モデルを採用した。2次元モデルは、分割の仕方を縦横細分割する方法（2次元A）と縦のみ細分割する方法（2次元B）にした。解析結果（応力値）を図4に示す。解析結果は、実験値と違い製品全体の値（応力値など）を示している。実験は、歪みゲージを貼る位置など経験と感に頼る部分があり、全体の分布が把握できない。こういう点でCAE技術は、有用である。また、2次元モデルより、3次元モデルの方が多くの情報を持っている為、実際の製品特性がわかる。

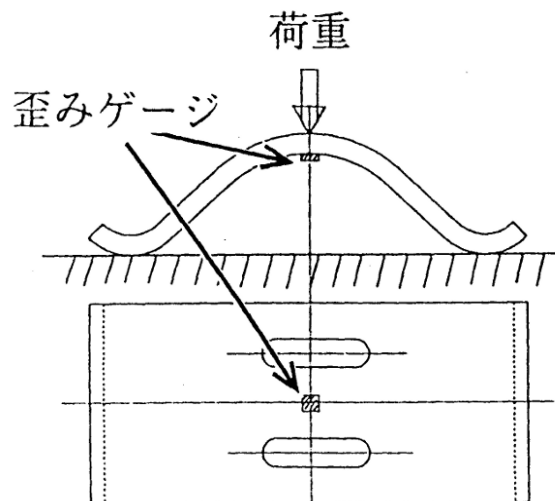


図2 形状モデル

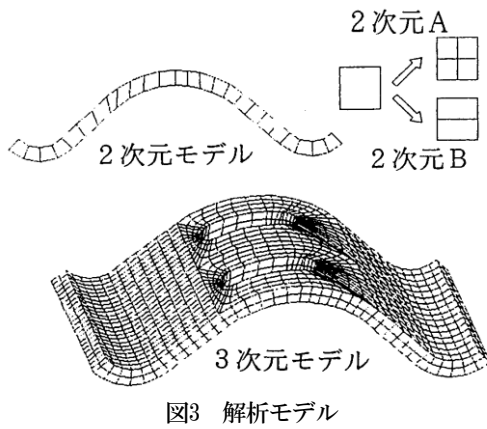


図3 解析モデル

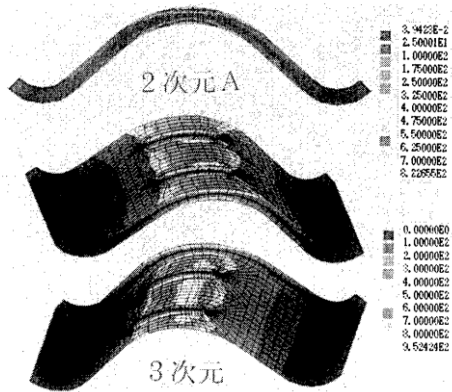


図4 解析結果

図5 に、解析結果と実験値の比較、図6 に要素数一誤差曲線、図7 に要素数一計算時間（ソフト上で最適化を行った後）を示す。2次元、3次元モデル共に、実験値と誤差を生じている。2次元と3次元モデルを比較すると2次元モデルは応力測定部付近、穴のモデル化が無い為誤差が大きい。2次元モデルの分割仕方による違いを見ると、要素数の少ない所では同じ様な値を出しているが、要素数が増えてくると縦横細分割し、要素が正方形に近い2次元Aの方が精度・計算時間共に良い結果がでている。つまり、CAE技術は、要素が重要で、中小企業で実際の製品について解析するとき、より精度の良い結果を得るには実験との比較による要素形状・分割の検討が必要である。

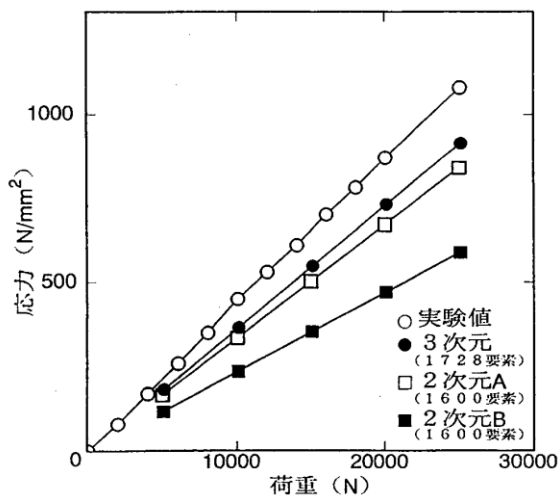


図5 解析結果・実験値比較

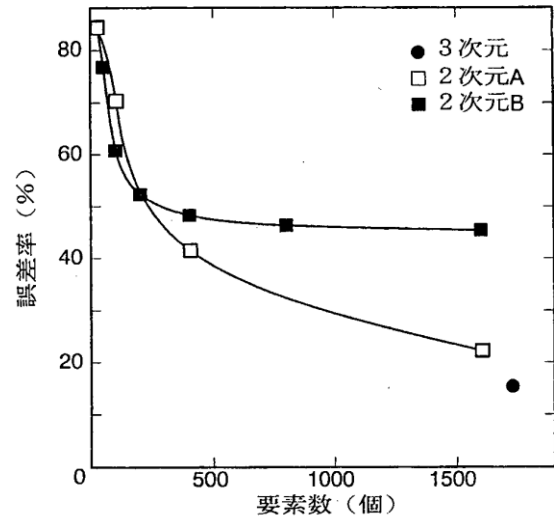


図6 要素数一誤差曲線

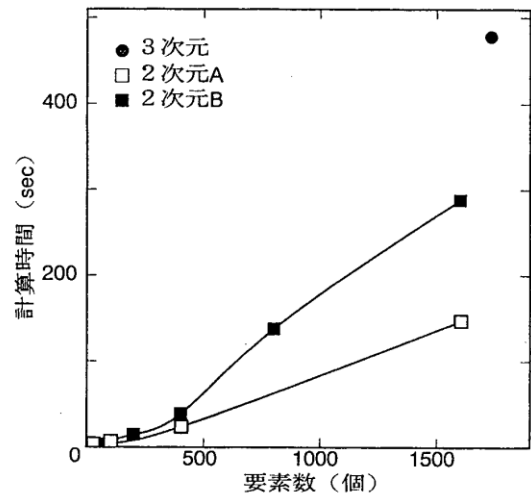


図7 要素数一計算時間

4.接触問題

接触問題として県内企業が生産している板ばれを解析して、CAE技術の有用性を検討した。図8のようにモデル化した。板ばれは、左右対称であるため1/2モデル、計算時間の関係と応力測定部の形状から2次元要素とした。また、ある荷重でb点を支点とし、a点が浮き上がる事から板ばれとブロックとの間全部を接触問題としてギャップ要素を作った。しかし、このままでは計算ができない為、補助要素としてブロックと板ばれの一番Kをゴム（解析結果に影響がない部分にヤング率の小さい物質）でつなぐモデルとした。

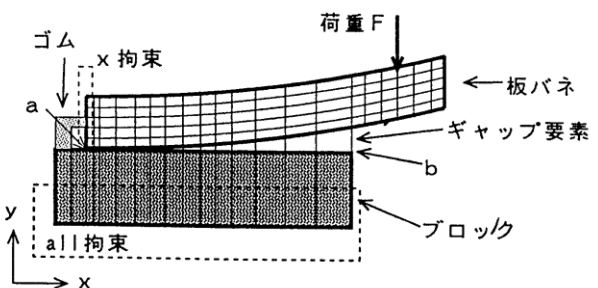


図8 接触問題モデル化

今回静解析問題と違う点は、荷重を分割して、徐々にかけてギャップの接触を判断しているため荷重の分割という近似が入っている事である。解析結果を図9に示す。図10に解析結果・実験値（応力）の比較を示す。応力測定部は、板ばね上側中心（対称拘束部分）とした。

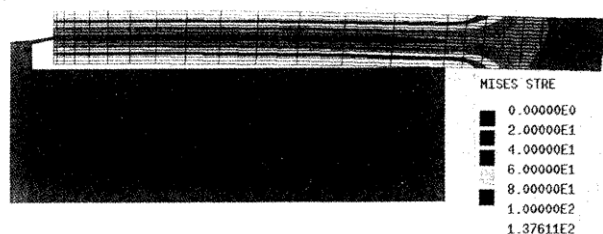


図9 解析結果（接触問題）

解析結果をみると、形状が単純な物のため実験値と解析値が非常に近い値を示している。荷重に対する応力傾き変化は特に一致している。このように応力測定部が単純な形状の時には、かなり信頼できる値となった。しかし、解析時間は荷重の分割数により増大する事が問題である。

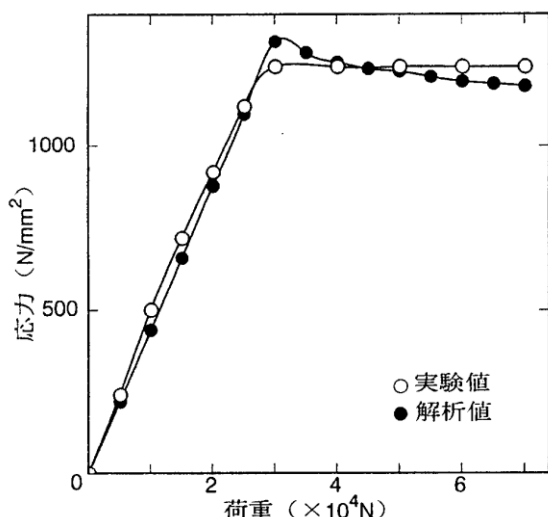


図10 解析結果・実験値比較（接触問題）

5.熱応力問題

熱応力問題について、金型冷却水穴の割れ問題を取りあげ、解析を行った。実際の金型の形状はモデル化が難しく、図11のように簡素化して解析を行った。

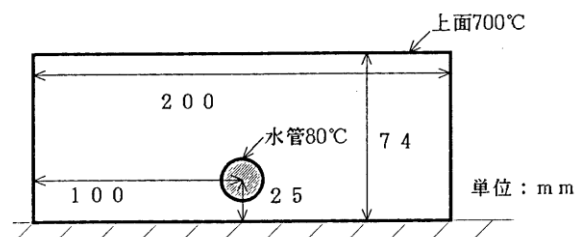


図11 金型の2次元モデル化

解析結果を図12に示す。冷却水穴上下に応力が集中している事がわかる。応力値としては降伏応力付近であった。これは、金型が上下方向割れが発生している事と一致する。図13に実際の金型に近い3次元モデルの解析結果を示す。解析結果を見ると冷却水穴の接続部の上に降伏応力の数倍の高い値で応力集中があった。

実際は、金型内部の為測定できないが、この応力集中が割れの原因であると考えられる。しかし、より製品近いモデルを作成すると、モデル作成時間をかなり必要とする。このように、実際の製品をどこまでモデル化するか、どこまで精度を要求するかが問題となる。



図12 解析結果（熱応力問題2次元）

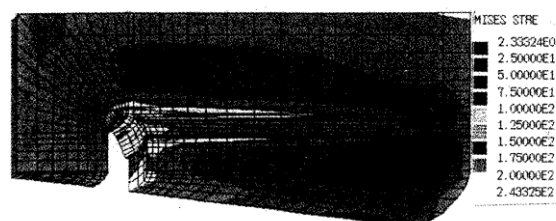


図13 解析結果（熱応力問題3次元）

6.まとめ

CAE技術を実際の製品に利用する場合、応力集中位置や製品の問題点の原因究明などによりかなり有用である事がわかった。しかし、CAE技術のみでは、かなり誤差要素が大きく、値の精度に不安を抱えている。現在のところ、ある程度の試作試験が必要である。今後、実際の形状から、精度良く自動で要素分割する技術や演算速度の問題が解決される必要がある。