

# 構造解析による部品設計の最適化に関する研究

萩原 茂・清水誠司・河西伸一・大柴勝彦

Research on the most suitable method for designing parts using a structural analysis

Shigeru HAGIHARA, Seiji SHIMIZU  
Shin-ichi KASAI and Katsuhiko OHSHIBA

## 要 約

新規導入した構造解析システムを用いて解析を行い、経験則に基づく設計方法に代わり、有限要素法による応力シミュレーションを行うことで機能を判定し、軽量化、安全性、機能的な点で最適となる設計を支援する方法について検討した。また、構造解析システムを有効に利用する方法として、1) NFS<sup>1)</sup> (network file system) によるデータ管理、2) リモートウィンドシステム<sup>2)</sup>の利用を行いネットワークシステムの構築を行った。

### 1. はじめに

近年、「性能の良い製品をできるだけコストをかけずに早く開発したい」との要求が高まっている。設計、試作、評価という開発工程の効率化が大きな問題となってきている。構造解析システム(CAE: Computer Aided Engineering)は、開発工程の効率化として注目されている。構造解析システムを開発工程の中に取り入れることによって、図1に示すように試作・評価の繰り返しを最小に抑え、開発時間の短縮、コストの削減となる。

本研究では、構造解析を行うために必要な、システム構成を検討し、形状モデリングおよび解析を行った。

### 2. 構造解析システムの概要

新規導入した構造解析システムの主な構成と仕様を表1に示す。ハードウェアは、EWS(エンジニアリングワークステーション)を使用し、UNIX<sup>3)</sup>環境で使用する。ソフトウェア契約は、ホストコンピュータに新規購入のEWSとサンマイクログシステム製EWS(S4/2-GX, -GT)を利用することができる。また、通常契約では、同時2タスクの実行が可能である。

構造解析システムで使用しているソルバーは、線形および非線形構造物に対する、静的、モーダル、時刻歴応答および周波数応答解析、定常および過渡伝熱解析、磁場、流体、電圧、音響解析等の多種多様な解析<sup>4)5)</sup>が可能である。

表1 構造解析システムの主な構成と仕様

ハードウェア	
本体	HP-Apolp-9000-730PVRX (ヒューレットパカード製)
主記憶	48Mbyte
磁気ディスク	2.4Gbyte
DAT	1.3Gbyte
計算速度	76MIPS
ハードコピー装置	CH6104 (セイコー電子工業製)
ソフトウェア	
ソルバー	FLOTRAN (コンピュフロー製)
ソルバー、プリポスト	ANSYS (スワソン・アナリシス製)
プリポスト	PATRAN (PDAエンジニアリング製)

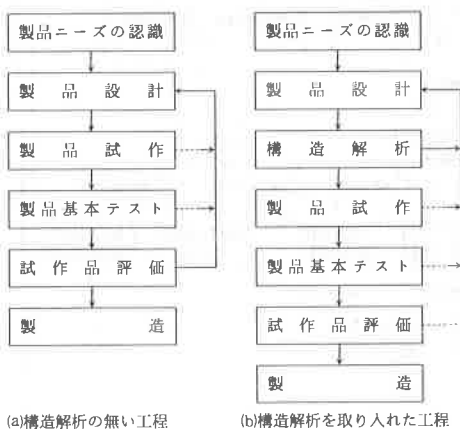


図1 製品の開発工程

ソフトウェアは、図2に示すようにプリプロセッサ、ソルバー、ポストプロセッサで構成される。解析の手順<sup>6)</sup>は、1) プリプロセッサを用いてモデリングを行う。2) ソルバーで境界条件の定義と解析計算を行う。3) ポストプロセッサを用いて計算結果を表示する。の順に進められる。

### 3. ネットワークシステム構築例

構造解析は、研究業務、指導業務、設備利用および講習会に利用するため、不特定多数の利用者が有効に使用できることが望まれる。このためには、ソフトウェアとハードウェアの両面から信頼性の高い効果的な利用システムを構築しなければならない。これをLAN(Local Area Network)、NFS、リモートウィンドウシステムを用いて次の3つの目標を達成するシステムを構築した。

- 1) 利用者のデータ保護
- 2) 高性能計算機の有効活用
- 3) ソフトウェアの共有化による有効活用

システム研究室では、図3に示すLANを構築している。ネットワークにはEWSが8台とPC(パーソナルコンピュータ)が2台設けられ、E

WSは、すべてリモートウィンドウを使用できる環境になっている。リモートウィンドウは、ホストコンピュータのリモート端末として使用できるので、高性能計算機をホストにすることで、構造解析を全てのEWSで使用することができる。たとえば、ホストコンピュータが使用されていてもシステム研究室のどこのEWSからでも構造解析をはじめることができる。

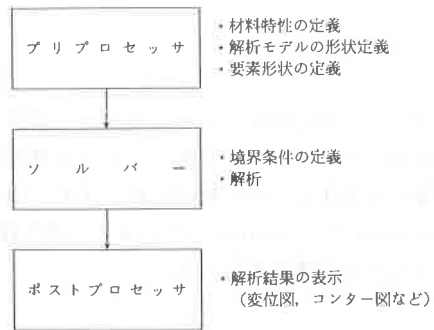


図2 解析の手順

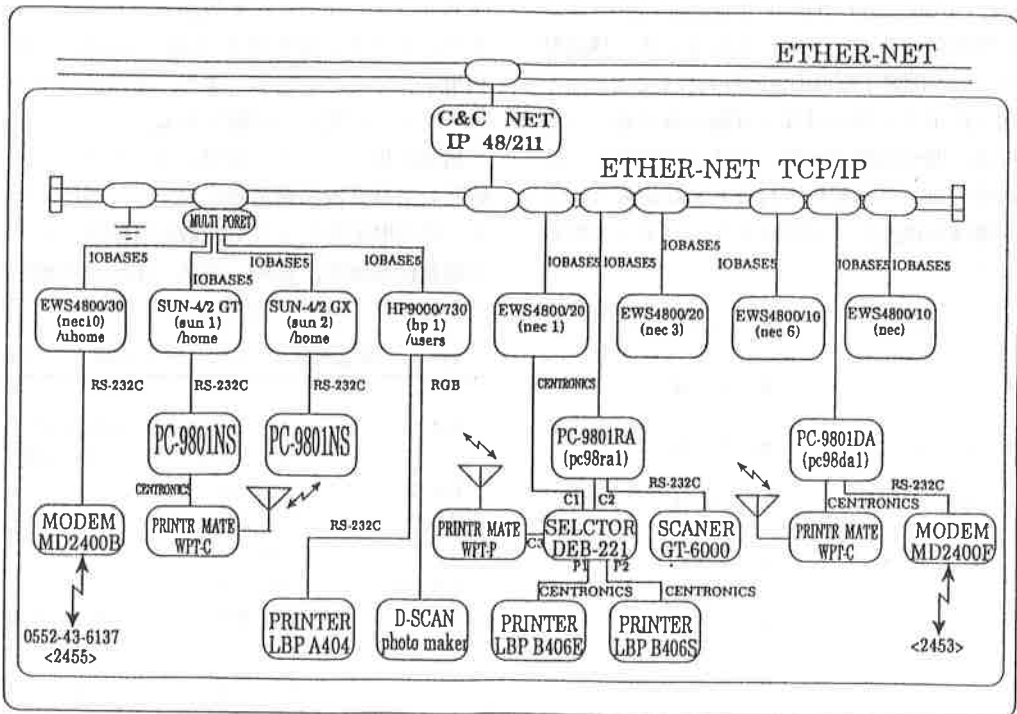


図3 システム研究室のLAN

構造解析の条件や結果のデータは、NFSによりホストコンピュータに保存され、他機種コンピュータ間であっても共通のデータを利用することができる。また、ホストコンピュータは、解析計算時に生ずる一時的な大容量作業ファイルのために高速なアクセスが可能な磁気ディスクを準備し、解析が終了したあとのデータはDDS (Digital Data Storage) に保存して作業領域を有効に利用する。これにより、多数の利用者による作業領域の不足を解消し、高速な計算を実現している。

今後は、さらにユーザ登録の簡易化、ソフト使用権の管理を行うためにNIS<sup>1)</sup> (Network Information Service) の利用を検討している。

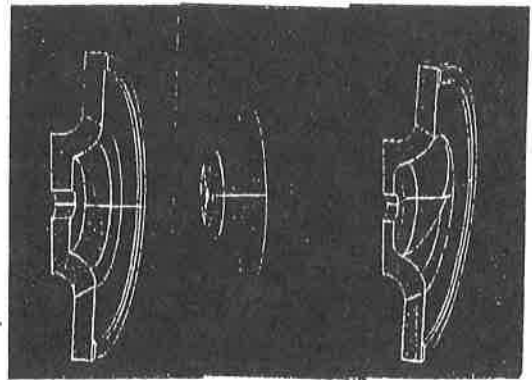
#### 4. 構造解析システムの使用事例

##### 4-1 プーリアン演算を用いたモデリング例

プーリアンとは、図形の演算をする機能である。ANSYS5.0のプリプロセッサには、和と差の演算機能が導入され、モデリングの困難だった形状が作れるようになった。たとえば、図4(c)に示す部品形状は、コーナー部の曲率と凹部の深さが滑らかに変化し、単純な回転図形では定義できない形状である。プーリアン演算を使用しないで形状を定義するためには、形状を多数の円弧で近似し、その間に囲まれる面を一つ一つ定義し、さらに面で囲まれる立体を定義しなければならない。この作業は線分が入り組んでしまい非常に困難である。プーリアンの機能を使うと図4(a, b)に示す2つの図形の演算で簡単に作り出すことができる。

##### 4-2 圧力シール部品の応力・変位量解析例

図5にある圧力シール部品について解析を行った。中心にくぼんだ楕円の面に油圧をかけることによる変形を利用する部品であるが、試作実験を行ったところ、塑性変形を起こしてしまい、繰り返しの使用ができなかった。以下の条件により応力解析を行ったところ図6の様な応力分布が得られ、素材に十分な強さが無いことが分かり、素材の厚さを変えることにより応力を小さくする試みを行った。図7に示すように試作では板厚0.6mmを用いたが1.0mmでは応力が十分に小さくなり、中央部分の変位量も適当であることがわかった。



(a)図形A (b)図形B (c)A-Bの図形  
図4 プーリアン演算を用いたモデリング例

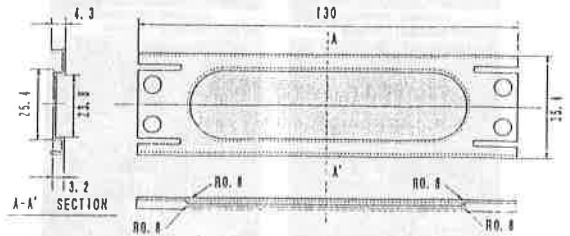


図5 圧力シール部品

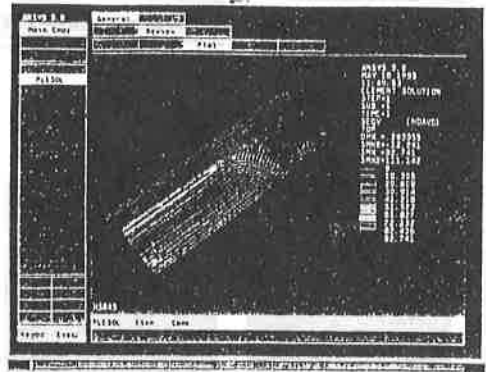


図6 圧力シール部品の応力解析

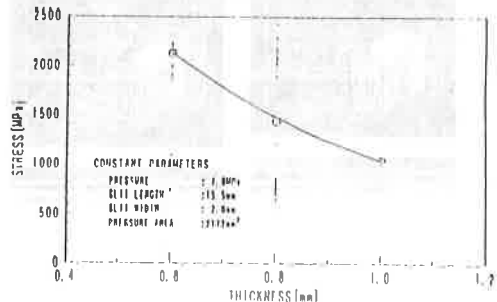


図7 シール板厚さと変位量のシミュレーション

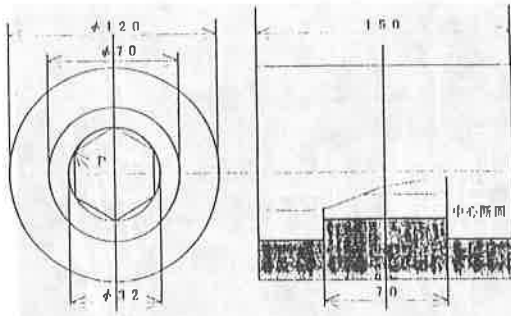


図8 圧縮工具の形状

#### 4-3 圧縮工具の応力解析例

図8に示す圧縮工具について破損強さを向上するために次の条件で応力解析を行った。

設計形状ではP部に応力が集中し、この部分から割れが発生すると考えられる。P部を円弧にすることで表面に集中した応力を内部に分散し、応力の最大値を小さくできる事が分かった。(図9)

#### 5. まとめ

有限要素法<sup>7)</sup>を初めて使用したのは2000年以上も昔の幾何学者であろうと言われている。構造解析技術も航空機の開発にともない大きな発展を遂げ、長い歴史のある技術である。今日では、スーパーコンピュータを駆使する大容量の構造解析システムからパーソナルコンピュータで使用できるシステムも出現している。あて推量で設計するのではなく構造的に弱い部分を無くすことで、軽量化、省エネ、低騒音に寄与する所は多い。これからも最適化設計に関する研究を続け、より高度な分野での応用も進めたい。

最後に研究に御協力いただいた玉野雅彦氏、金子和史氏(THK㈱甲府工場研究開発部)、山形進氏(三和テック㈱甲府工場品質保証課)、金子稔氏(㈱キッツ長坂工場技術設計課)、北條育男氏(㈱音響総合研究所コンピュータ事業部)には感謝いたします。

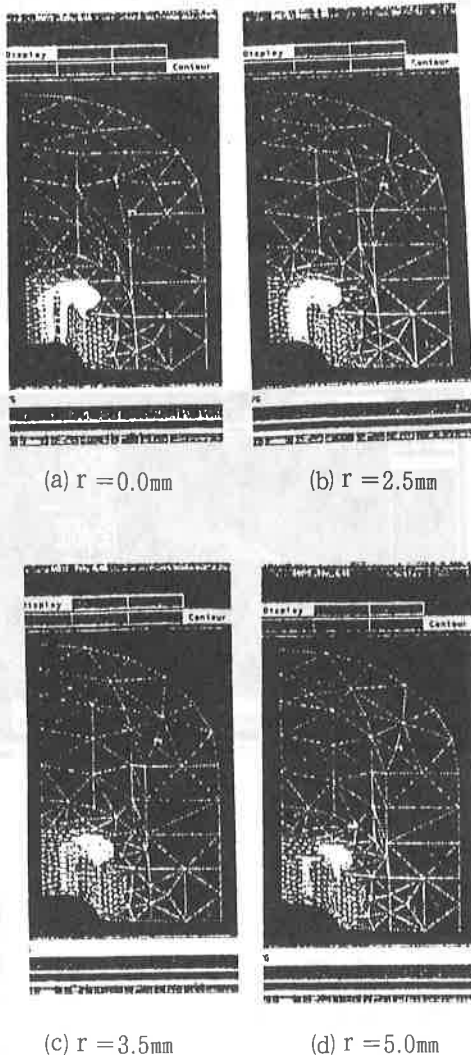


図9 応力シミュレーション例

#### 参考文献

- 1) Hal Stern : NFS&NIS, (株)アスキー
- 2) 木下凌一他 : 入門X-window, 日刊工業新聞社
- 3) Garth Snyder他 : UNIXシステム管理入門, ソフトバンク(株)
- 4) ANSYS-PC/LINRARリファレンスマニュアル Swanson Analysis Systems Inc.
- 5) ANSYS-PC/THERMALリファレンスマニュアル Swanson Analysis Systems Inc.
- 6) ANSYS 入門セミナー サイバイバネットシステム(株)
- 7) H.C.Martin他 : 有限要素法の基礎と応用 (株)倍風館