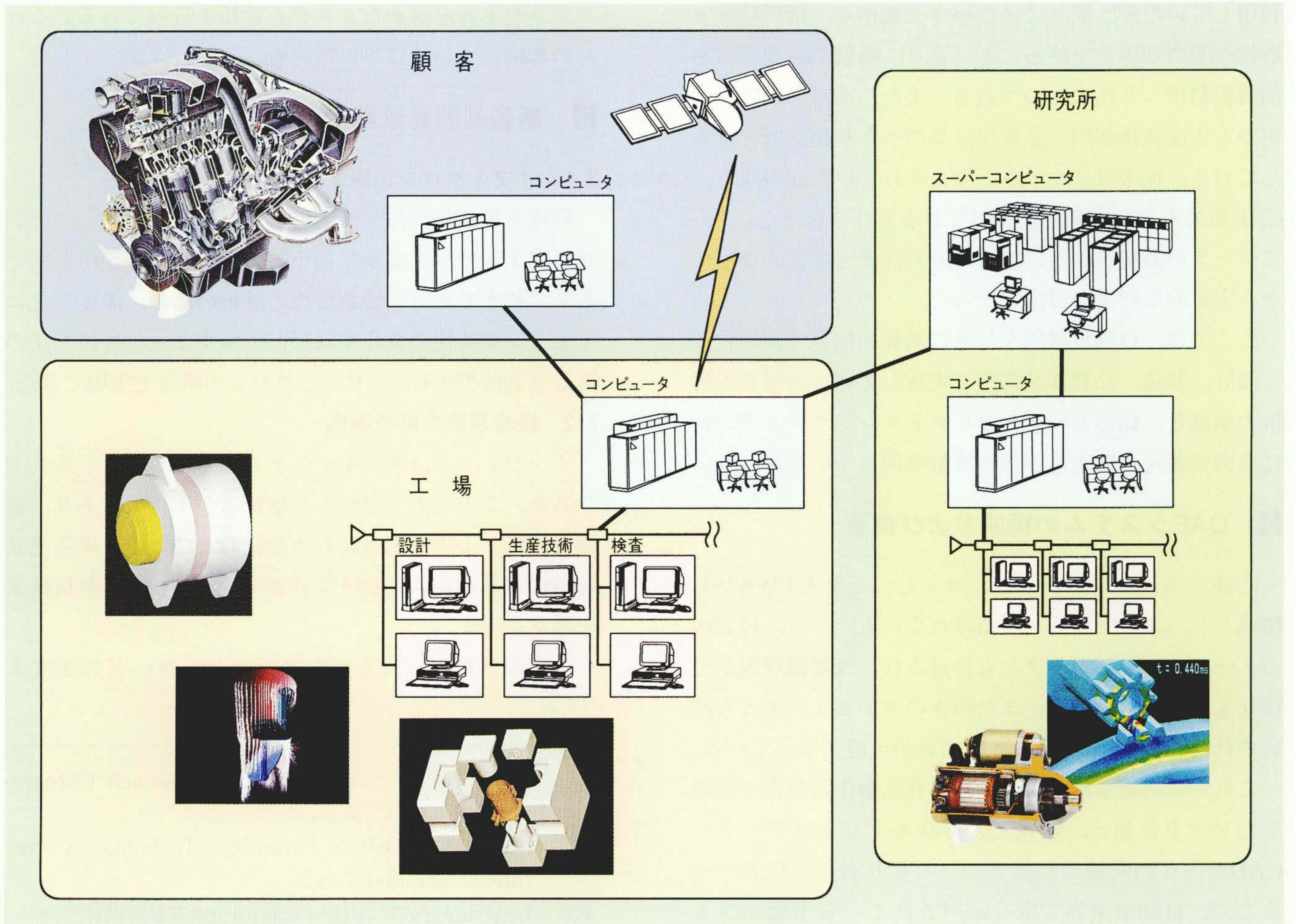


# コンカレントエンジニアリングを推進するCAE技術

Application of CAE Techniques for Concurrent Engineering

佐藤雅之\* Masayuki Satō

立見榮男\* Hideo Tatsumi



## コンカレント開発システム

工場では研究所の開発した要素・新技术を加味してCAE・CAD・CAM・CATを用いた製品開発を進める一方、顧客と相互のデータ交換が可能なようにハード、ソフトのシステム化を行い、コンカレントな開発体制を確立している。

日立製作所は、顧客のニーズに合ったより良い製品を、より早く開発し顧客に提供することを目的に、設計・製造部門がデータを共有して同時に作業を進めたり、顧客と形状データや図面、解析用データを交換し共同開発するコンカレントエンジニアリングを積極的に推進している。

その根幹を成す技術ツールの一つが、コンピュータによる解析シミュレーション支援システム(CAE:

Computer Aided Engineering)であり、設計解析や製造・検査方法の改善など広範囲にわたって利用できるものである。

このCAE技術についても、全社規模でその基盤技術の開発を進める一方、自動車機器の分野でも国内外にわたる顧客の要望に十分対応できるようにハード、ソフトのシステム構築とその活用を図っている。

\* 日立製作所 自動車機器事業部



## 1 はじめに

開発期間短縮、品質信頼性向上の観点からCAE技術が注目されてきた。

CAE技術導入の当初は、製品の要素解析の現象解明に利用していたが、徐々にノウハウを蓄積し、解析精度と解析作業の効率を上げることにより、新製品開発時の事前解析利用へと拡大しつつある。また、設計部門での利用から生産技術部門、品質保証部門へと利用範囲を拡大しており、従来はノウハウと考えられていた諸現象も、CAE結果を基に客観的に解明できるようになった。さらにデータの蓄積により、解析結果の評価も定性的なものから定量的な把握が可能となった。

ここでは、自動車機器を対象に新製品開発に同期化して設計、製造、品質保証部門で実施している各種要素解析の事例と、顧客とのコンカレントエンジニアング、特に車両実装時の構造適正化の解析事例について述べる。

## 2 CAEシステムの構成および概要

CAEシステムのハードは、コンピュータとEWSから構成され、ネットワークで結ばれている。一方、研究所のスーパーコンピュータとも接続され、大規模解析が可能ようになってきている。また顧客のコンピュータとも接続され、相互にコンカレントな開発が可能となっている。

これらに搭載されるソフトも、日立製作所社内で開発したソフトに加え、顧客との形状モデリングデータ、CADデータの交換や解析データの相互利用を促進させるため、自動車業界で広く活用されている市販ソフト

(I-DEAS<sup>※1)</sup>、Pro/ENGINEER<sup>※2)</sup>、Unigraphics<sup>※3)</sup>などを導入し使用している。

シミュレーションの内容としては構造系の強度、振動、熱、熱流動、電磁界、電磁・構造連成、および制御の各解析がある。また、自動車機器の単体解析に加えて、エンジンや車両を含めたシステム解析を行っている。これらの事例について以下に述べる。

## 3 新製品開発段階での要素解析事例

### 3.1 サブミクロンの現象解析事例

静電容量式半導体加速度センサを開発した。このセンサは図1(a)で示すように超小型の片持ち梁(はり)形式であり、基本である周波数特性の解析のほか、温度変化によるセンサ特性の変化や同図(b)で示すように片持ち梁の衝撃応答解析を行い、サブミクロンの構造を実現できた。

### 3.2 複合現象の解析事例

インジェクタは燃料系システムのキーコンポーネントである。このため小型化・高信頼性が不可欠であり、電磁界解析による磁気回路の小型化および電磁・構造連成解析によるバルブの動特性評価を行っている。解析結果を図2に示す。

上記の解析から得られたプランジャロッドの速度よ

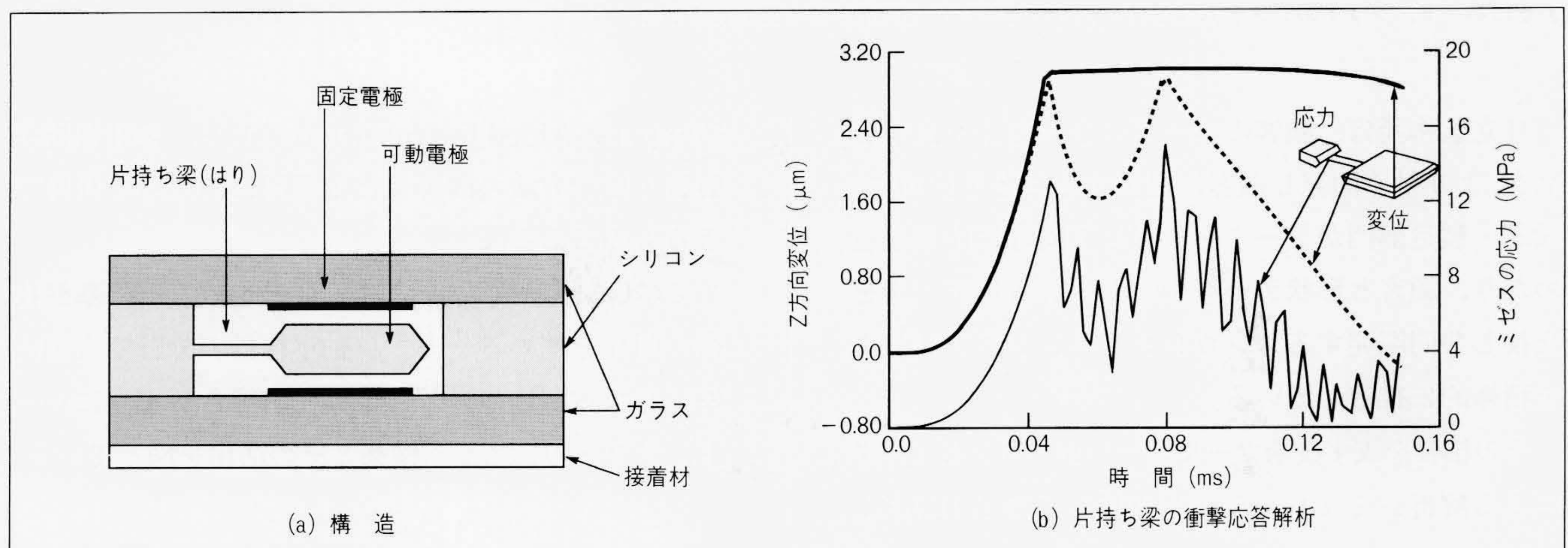


図1 加速度センサ開発CAE事例  
 加速度センサの固有振動数計算やセンサ可動電極部の衝撃応答解析を行い、センサ梁部の強度評価をしている。

※1) I-DEASは、Structural Dynamics Research Corporationの登録商標である。  
 ※2) Pro/ENGINEERは、Parametric Technology Corporationの登録商標である。  
 ※3) Unigraphicsは、EDS Corporationの登録商標である。



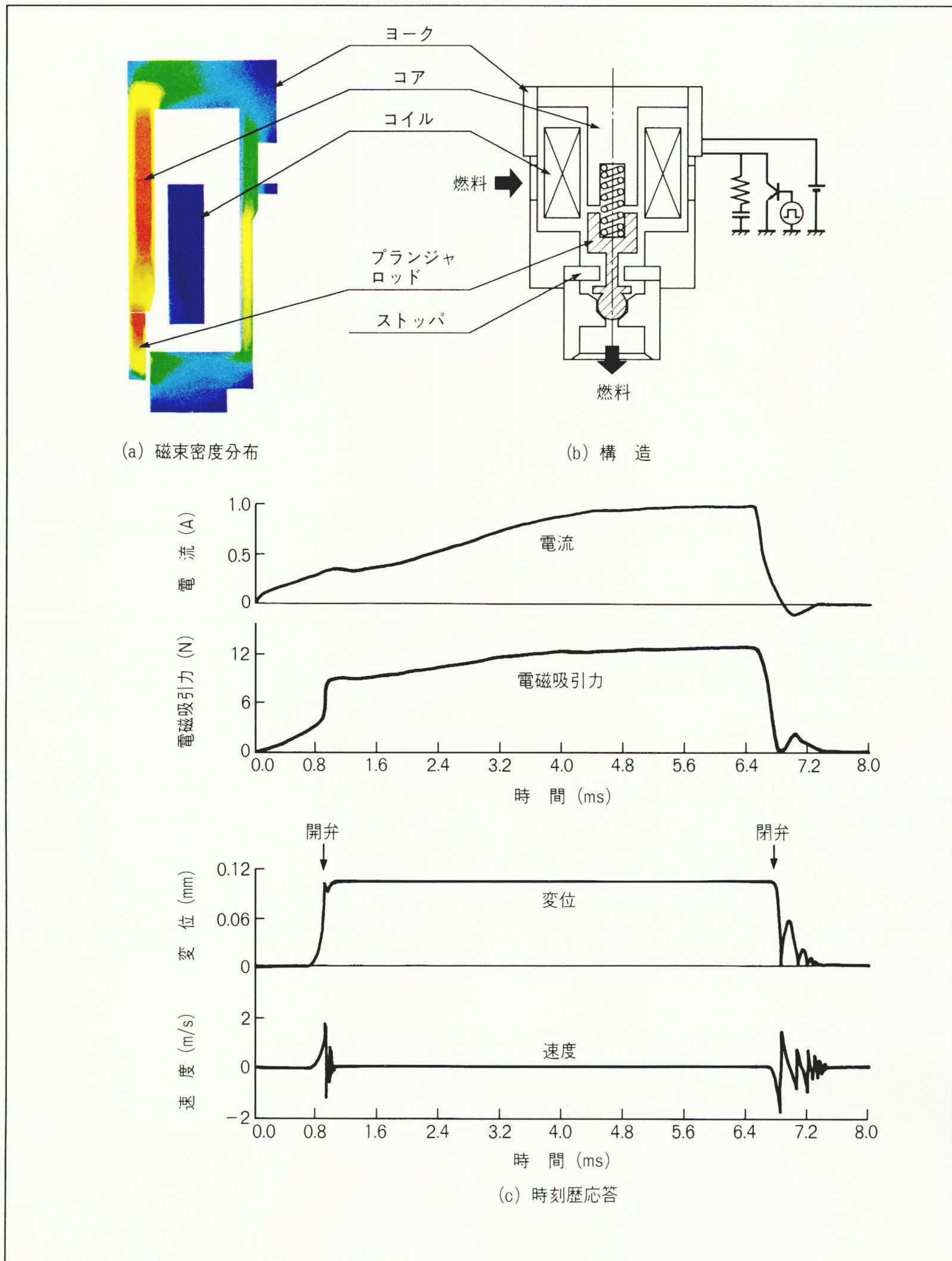


図2 インジェクタの電磁・構造連成解析  
電流を流したときの電磁吸引力とロッド挙動を連成させて時刻歴応答計算によって開閉弁特性を評価している。

り、バルブ開閉時の衝突解析を進め、プランジャロッド部の強度設計を行っている。バルブが開いたときの衝突による応力解析結果を図3に示す。

一方、生産技術分野での解析例としてインジェクタの塑性加工解析結果を図4に示す。

プランジャロッド部の燃料通路となる穴をポンチ打ち

抜きによって加工するが、ポンチの寿命向上が不可欠である。このため、塑性解析を行って打ち抜き時にプランジャロッドやポンチに作用する荷重・応力評価を行い、ポンチの形状適正化を図っている。

### 3.3 流路形状の適正化事例

一般に空気流量センサは、吸入空気流路に取り付けら



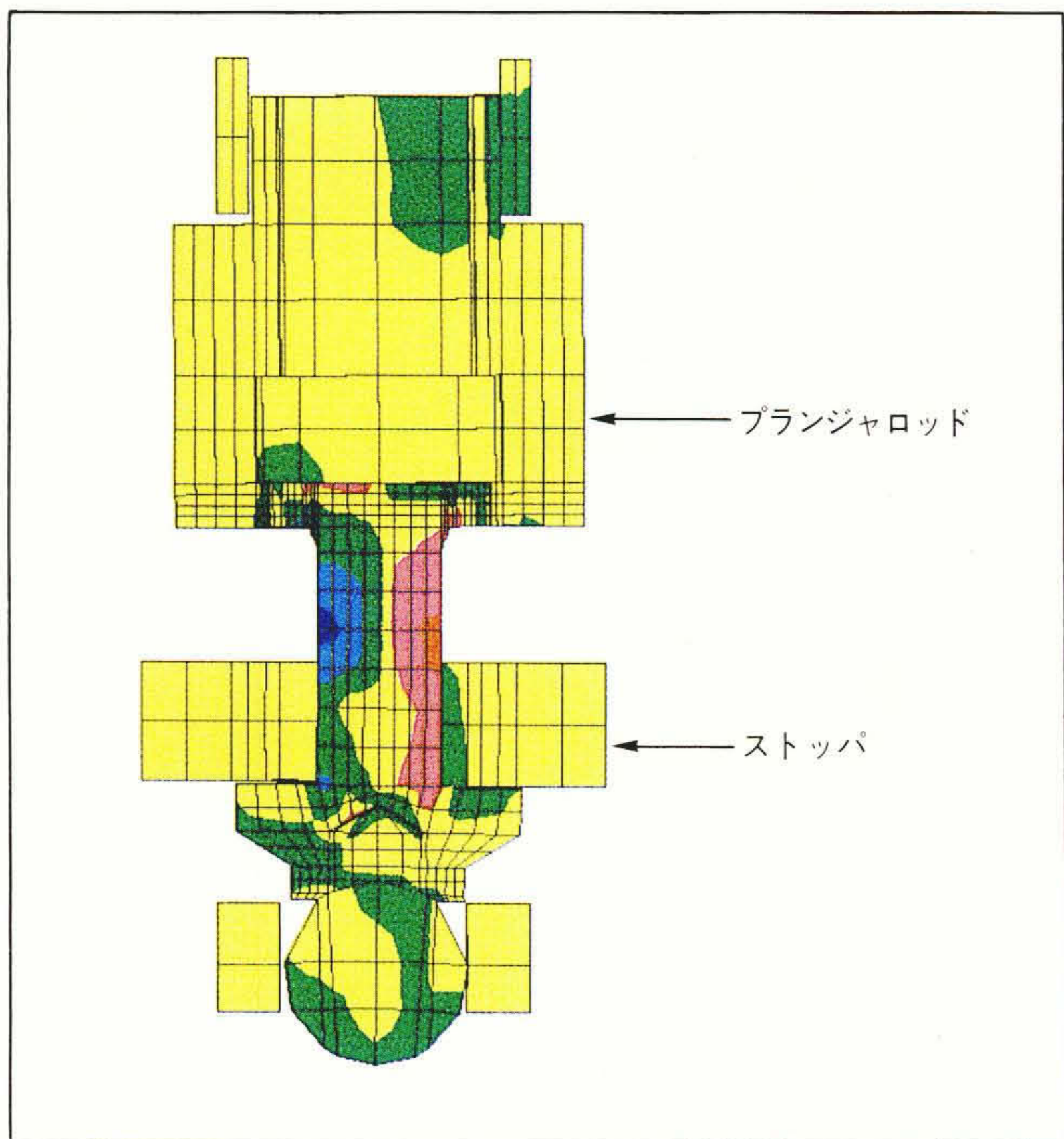


図3 インジェクタ衝撃応答解析  
 図2(c)のロッド開弁時の速度を用いて衝突解析を行い、ロッドの強度を評価している。

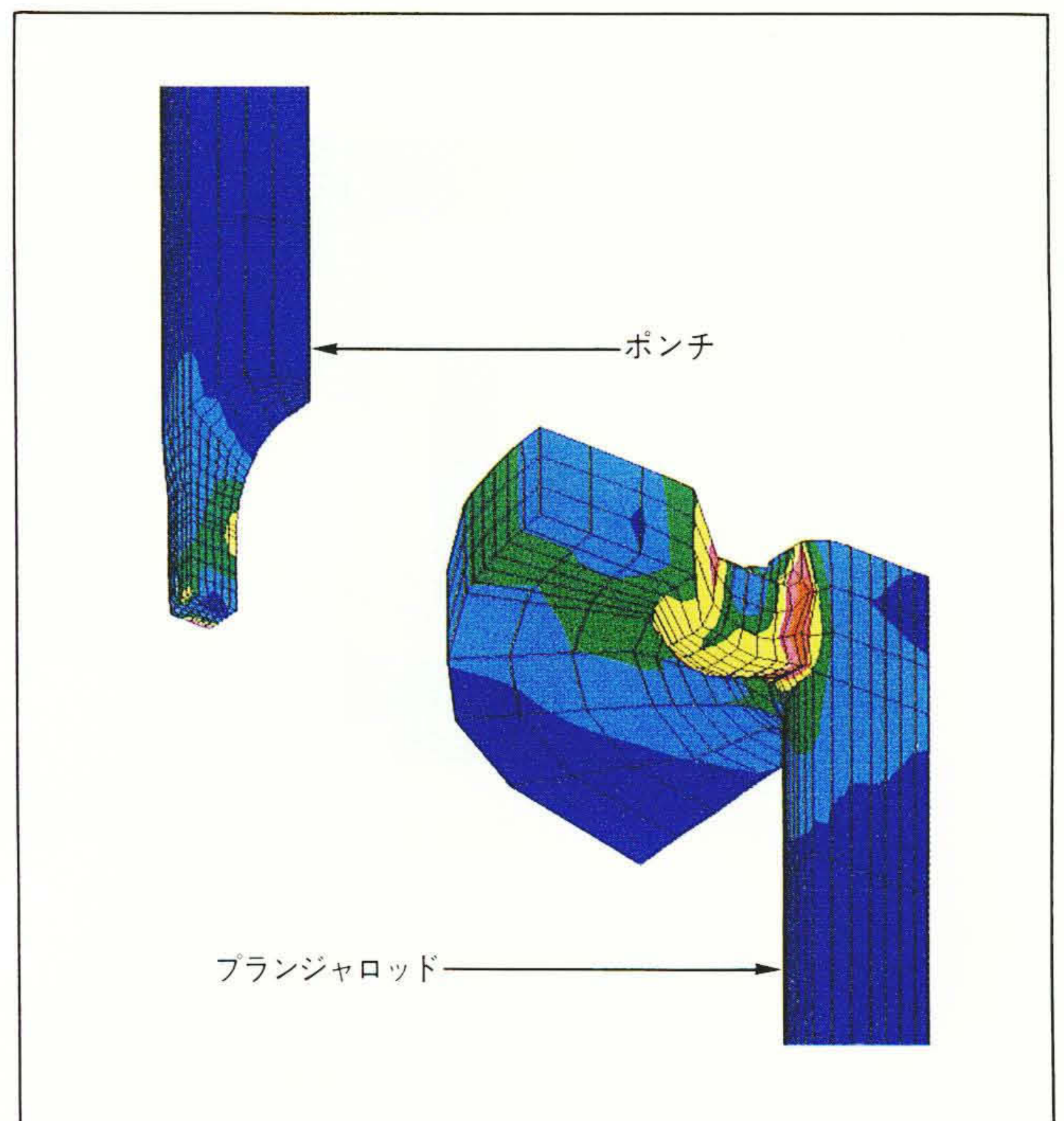


図4 プランジャロッド、ポンチの塑性解析  
 燃料通路穴開け加工時のロッド・ポンチの応力解析によってポンチの応力低減形状を決め、ポンチの長寿命化を図った。

れるため、脈動流や逆流の影響を受けやすい部品である。このため流れ解析に際しては、空気流量センサ単体の解析にとどまらず、エアクリーナや実装流路を含めた解析を実施し、流れの安定したバイパス流路形状の設計やセンサプローブ取付位置の決定を行っている。この解析の結果を図5に示す。

空気流量センサの製品性能試験装置の設計にあたりCAEを適用した。エアクリーナの形状や流路コーナ部の影響により、センサプローブ取付位置で渦が発生するので、空気流れの解析を行い、渦の少ない安定した流れとなる信頼性の高い試験装置を開発し利用している。

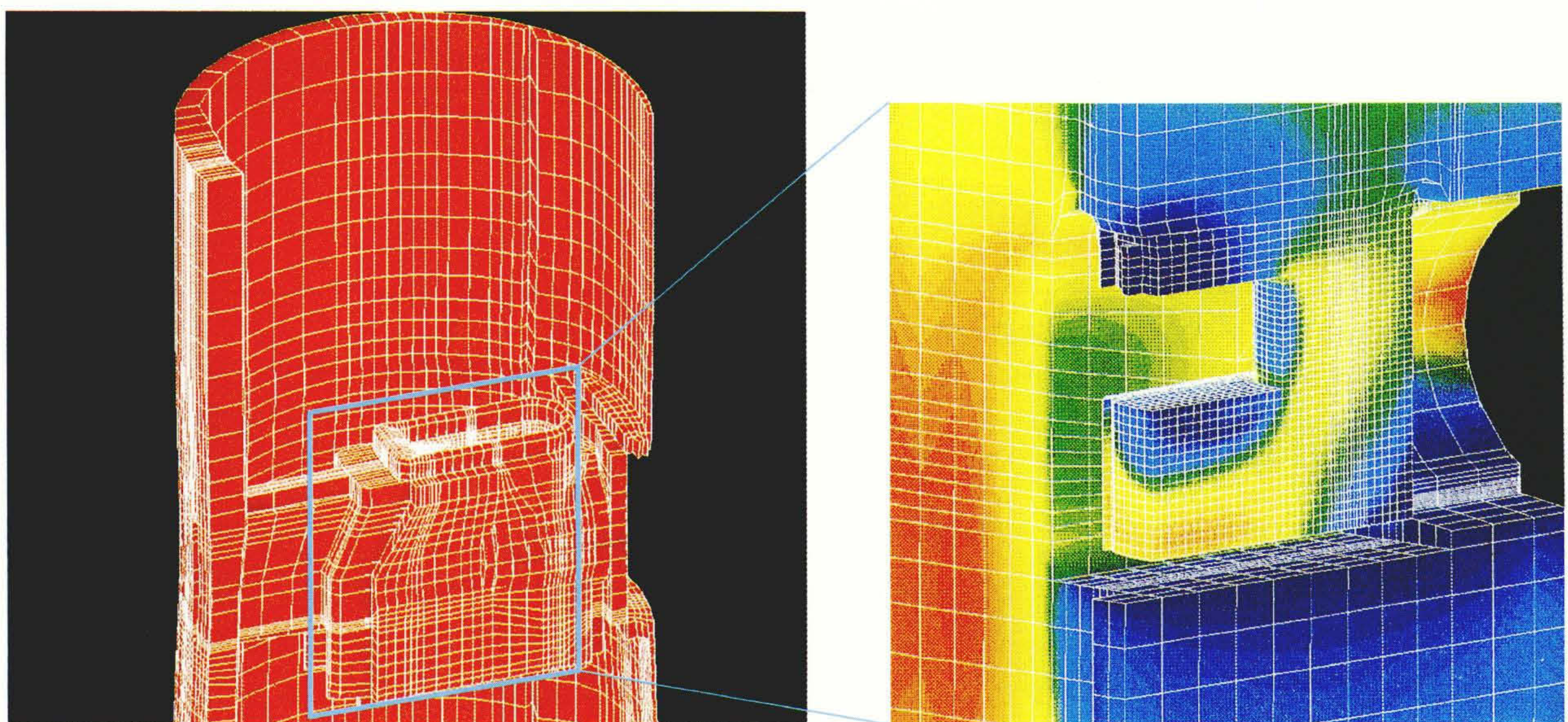


図5 熱線式空気流量センサの流れ解析  
 バイパス通路構造のパラメータサーベイを行い、流速・圧力分布を計算し、流路形状とセンサ取付位置の適正化を図った。



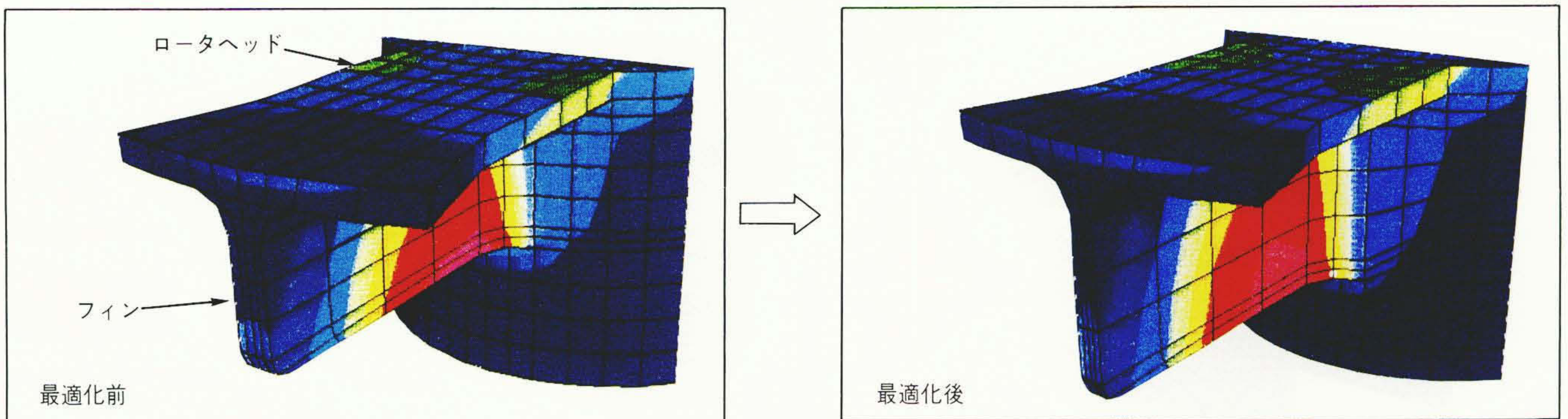


図6 ディストリビュータのロータヘッドフィン構造適正化  
遠心力荷重条件下、設定応力以下でフィン面積を大きく、軽量化する形状をコンピュータ内で自動的に計算する。

### 3.4 構造解析による最適化設計事例

自動車機器の構造解析は強度、振動などの線形解析が主体であり、このため構造最適化の適用が可能である。

振動については感度解析結果を用いていたが、最近では非線形計画法による最適化プログラムGENESIS<sup>※4)</sup>を導入し、最適化を図っている。

ディストリビュータのロータヘッドフィンの形状最適化例を図6に示す。このフィン、応力一定条件下で面積が大きく軽量であることが要求される。基本形状を与えると自動的に最適化のパラメータサーベイが行われるため、従来の解析手法の約 $\frac{1}{3}$ の工数で解析可能である。

※4) GENESISは、VMA Engineeringの登録商標である。

## 4 車両搭載時の構造適正化事例

### 4.1 コントロールユニット実装構造の適正化

エンジンコントロールユニットでの電子部品実装時のはんだ寿命予測解析については、本号別論文「環境保全と運転性向上のためのエンジン精密制御技術」で紹介した。ここではユニット筐(きょう)体の強度設計について述べる。

筐体は薄い銅板を、ねじや溶接で組み立てており、車の振動を受けやすい構造物となっている。このために車両の取付構造を含めた振動強度設計を行う必要がある。

顧客からの取付部構造データや類似車の取付部での振動実験データを基に、取付部等価モデルを作成し、ユニット筐体モデルに追加し解析している。この解析結果を図7に示す。

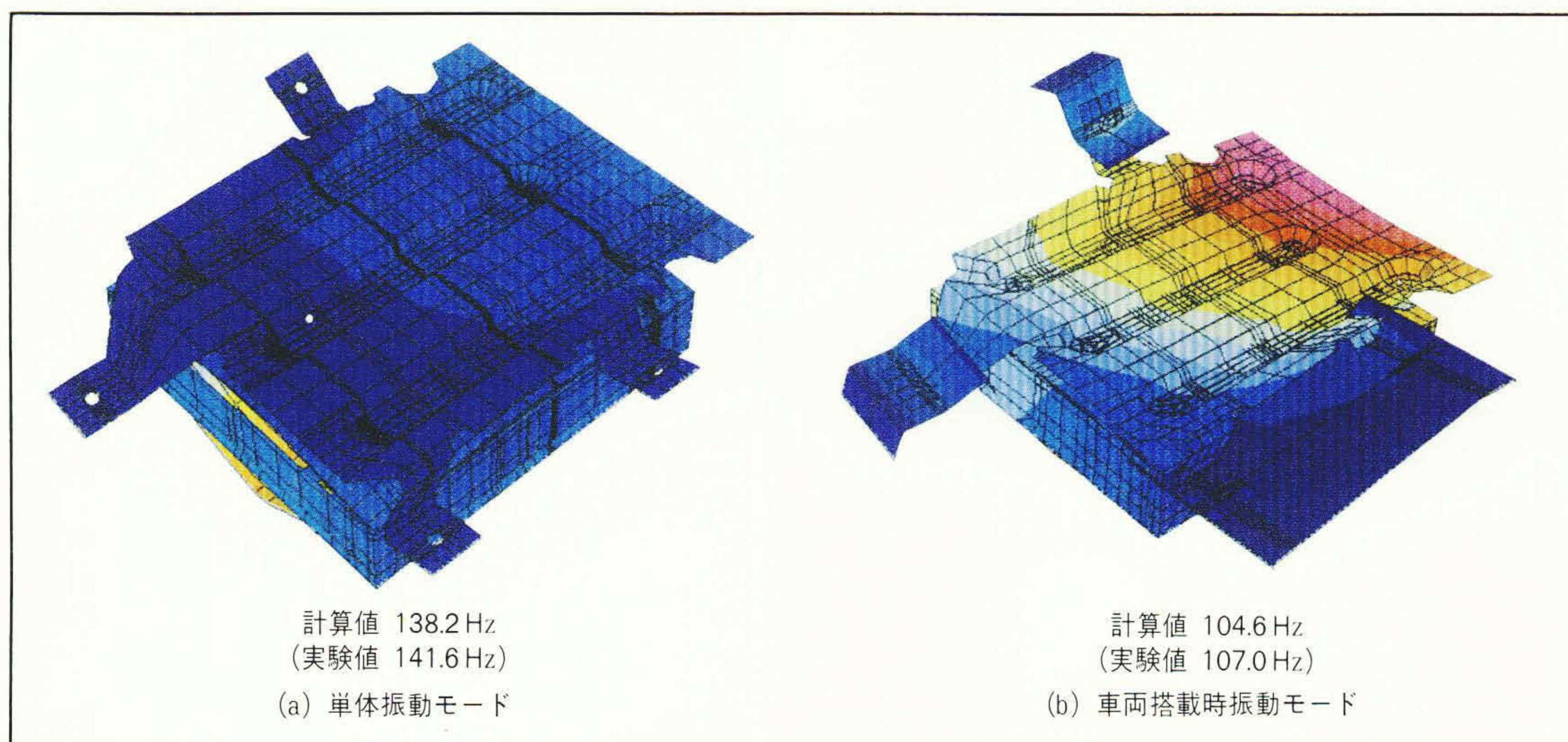


図7 コントロールユニット振動解析  
コントロールユニット単体と車両取付時では、取付剛性によって固有振動数が大きく変化する。



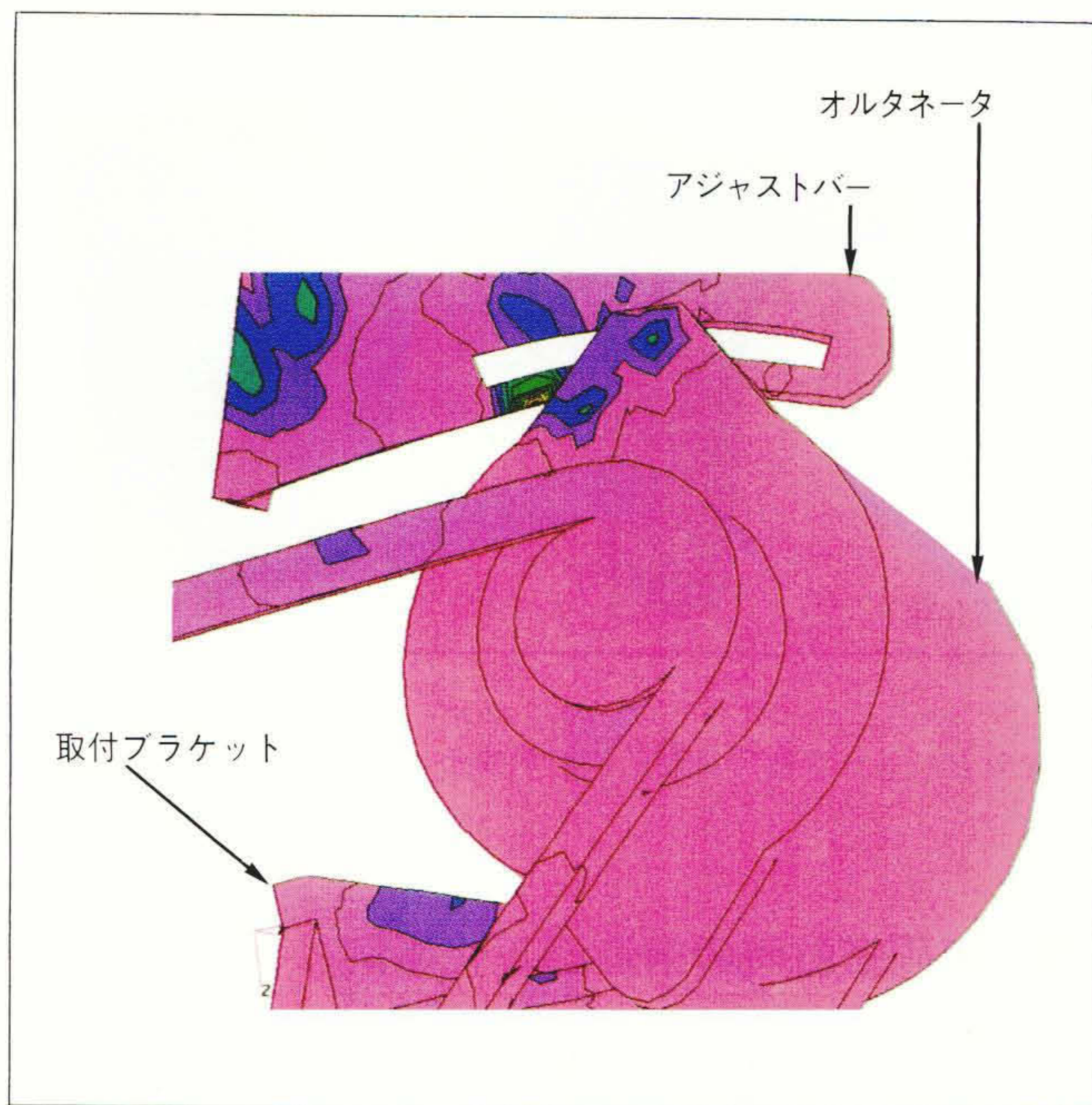


図8 組立時の応力解析  
オルタネータのエンジンへの取付時、各寸法公差によって初期応力が発生する。

#### 4.2 組立公差解析事例

顧客と自動車機器メーカーの間で設計を進めていくうえで、部品相互間の干渉問題があるが、ここでは組立公差と関連した強度解析の事例について述べる。

オルタネータは、エンジンにブラケット、アジャストバーを介して取り付けられ、ベルトによって駆動されている。

これらの部品は寸法公差による隙間が発生するためにボルト締結時に初期応力が発生する。これは組立順序を変えただけでも応力値が異なってくるため、原因究明やその対応が難しくなる。

これらの公差解析結果を踏まえて実装時の応力解析を行った事例を図8に示す。

#### 5 おわりに

ここではコンカレントエンジニアリングを推進するうえでのCAEの支援状況について述べた。

今後とも日立製作所の総合力を結集し、CAEシステムのいっそうの充実を図り、ますます高まる開発期間短縮のニーズにこたえていきたい。

#### 参考文献

- 1) M. Asano, et al. : Modelling of an Electronic Control Unit Representing Vibration Characteristics, JSAE Review, Vol.13, No.1(1992-1)
- 2) 佐藤：CAEとモード解析，日本機械学会講習会教材，No.910-10(1991-2)
- 3) 小引：エンジン吸気系における数値流体解析，計測自動制御学会講習会(1991)
- 4) 梅村，外：動解析におけるアダプティブメッシュ評価関数の開発，自動車技術会1992年春季学術講演会前刷集921105
- 5) 保川，外：高耐熱ハイブリッドICパッケージ設計用CAEシステム，自動車技術会1990年春季学術講演会前刷集901031