

第2章 CAEを活用した機械設計の概要

第2章 CAEを活用した機械設計の概要

第1節 CAEの機械設計への活用効果

1-1 CAEの変遷

CAE(Computer Aided Engineering)を文字通り解釈すると、コンピュータによる技術支援となるが、その代表としては長く有限要素法による構造解析が言われてきた。有限要素法による構造解析は、古く1960年代から70年代にかけてその手法が米国で確立され、様々な商用ソフトウェアが誕生した。

NASTRAN,ANSYS,MARC,ABAQUSなどがその代表で、航空機や造船、原子力やダム、建築物の研究者や解析技術者に多く使われてきた。それは、構造物の安全性を確認するのに実験をするにはものが大きすぎ、多大な労力と費用を要するためである。

しかしながら近年になり、比較的簡単に実験が行える製造業においても、高品質、短納期、低コストを実現するための有効な手段として、有限要素法をはじめとするCAEが使用されている。

このように、一般の工業製品の設計にCAEが利用されるようになると、従来のように実験に置き換わるものとして設計の後工程でCAEを使うのではなく、設計者が製品開発の初期段階で、設計案の妥当性を検証したり、設計案を選択するための判断材料としてCAEを活用するようになってきた。(また、そのような使い方をしないと、高品質、短納期、低コストなどの実現が困難であることもわかってきた。)

このような背景の下、1990年代から2000年代にかけ、CAEの開発元も計算スピードや精度の向上、複雑な物理現象への対応を競うだけでなく、3次元CADからのデータの取り込みや、自動メッシュの容易さ、結果評価の簡便さなど使いやすさにウェイトを置いた設計者向けのCAE開発に注力し、その結果3次元CADの普及に合わせ、設計者向けCAEと言われる使いやすいCAEが、製造業のものづくりの現場に広く普及した。

1-2 効果的な利用法

設計用として使われているCAEの中では有限要素法による構造解析が一般的だが、その他に機構解析、流体解析、プラスチックの射出成型解析に関しても設計者向けとしてのソフトウェアが市販されている。

解く物理現象や数値解析手法は異なっても、設計プロセスの中にどのように取り入れたら良いのか、その効果的な活用方法に関してはどれも同じ考え方で論じられる。図2-1および図2-2に従来型の機械設計のプロセスとCAEを活用した機械設計のプロセスを示す。

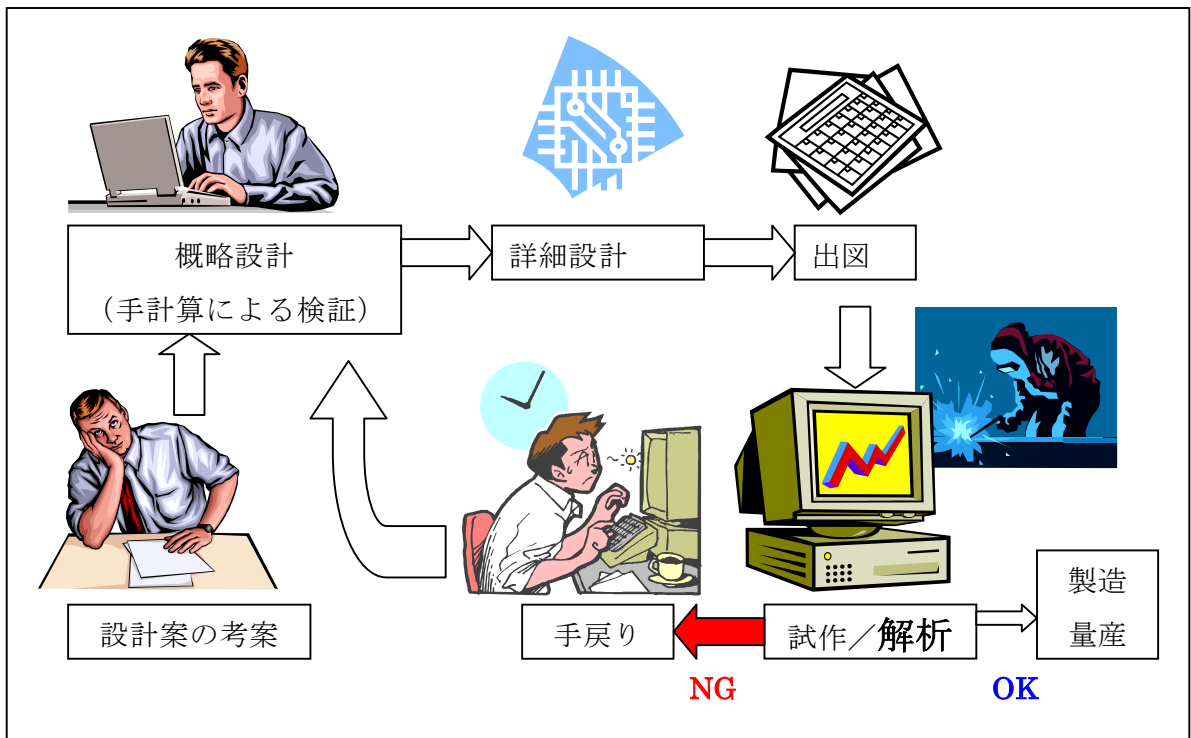


図 2-1 従来型の機械設計のプロセス

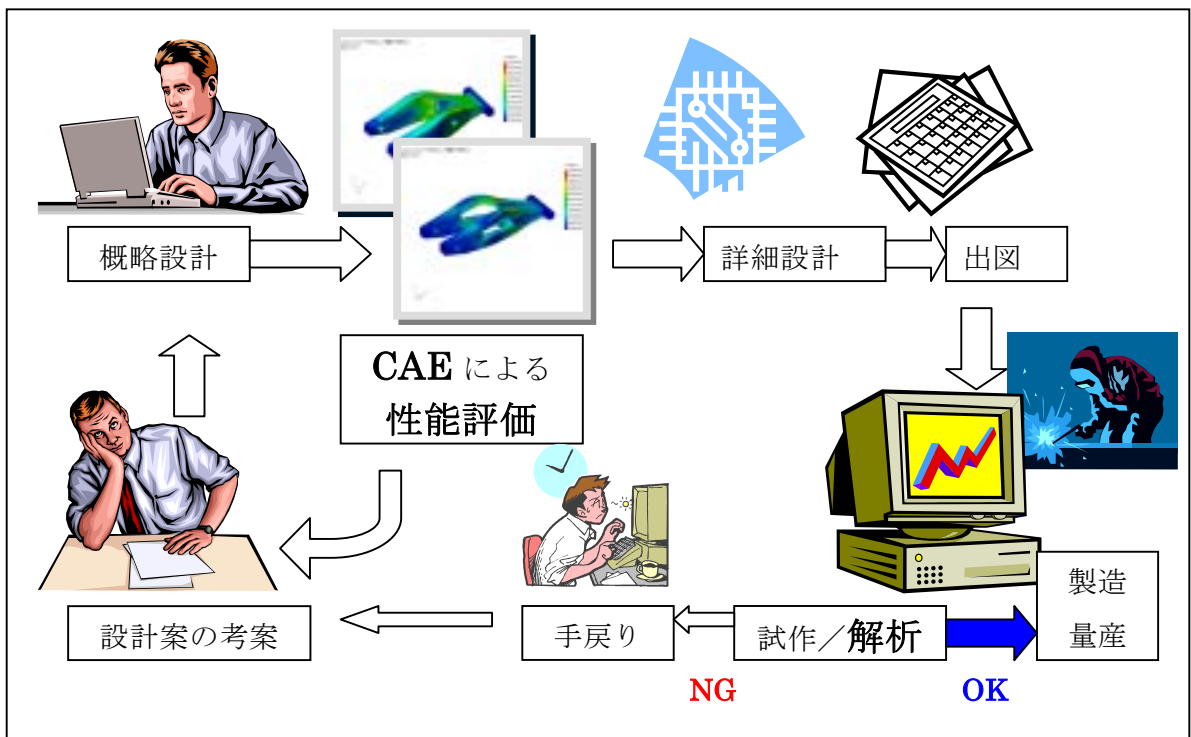


図 2-2 CAE を活用した機械設計のプロセス

CAE を設計の後工程で試作／実験に置き換わる道具として使用する従来型のプロセスでは概略設計段階における製品性能評価が十分でないために、試作における不具合の発生率が高く手戻りが発生し、開発工期の短縮が難しい。また、詳細な図面に基づいたモデルを使っての解析は、条件設定や結果の評価に高度な技術と長年の経験を積んだ解析技術者が必要になる。

一方で、設計者向け CAE と言われる操作性に優れた CAE を使って、設計者自らが概略設計の段階から CAE を使用した場合には、設計初期での設計者の負荷は増加するが後工程での不具合の発生率を抑えることが出来るために、全工程を通した工期の短縮が可能となる。

この場合も、試作や従来型の解析の必要性は残るが、設計者が概略設計の段階で十分に設計案を練り上げる事が可能になるために、以下のような様々な効果が期待でき、製品性能、品質、精度の向上にも繋がる。

- ・ 問題の早期発見、早期対応
- ・ 製造コストの早期把握
- ・ 試作回数の削減
- ・ 設計と解析をスムーズに繰り返すことにより設計案の拡大
- ・ 最適案の抽出が簡単に出来る
- ・ 業務の標準化による納期の短縮
- ・ 解析結果の共有による製品評価の標準化

このようなことから、会社経営の上からも設計上流工程での CAE の活用が重要視されている。

本講義では、機構設計が重要となる設計に従事する技術者を対象に、概念設計の段階で CAE をどのように活用するかを学習する。したがって、機構解析が中心となるが、設計案を具体化するため必要な 3 次元 CAD の操作や、部材の強度の検証をするための構造解析、およびこれらを連携させた解析手法についても学習する。

注) 本講義で使用する CAD、CAE ソフト

CAD : SolidWorks (米、SolidWorks Corporation 製)

CAE : COSMOSMotion (米、Structural Research & Analysis Corporation 製)

ANSYS DesignSpace (米、ANSYS, Inc. 製)

第2節 CAEの機械設計への活用事例

本節においては、設計者向け CAE が実際にはどのような分野で使用され、どのような効果を上げているかを事例に基づいて概説する。

2-1 機構解析事例

設計者向けの機構解析ソフトウェアが出現したのは1990年代後半になるが、それ以前のコンピュータによる機構解析で、最も大変だったのが各部品の質量特性（重心、質量、慣性モーメント）を事前に計算しなければならないことと、部品間のジョイントの設定だった。3次元 CAD の普及に合わせて、CAD と一体で使える設計者向け機構解析ソフトが現れると、質量特性は CAD 形状から自動計算され、ジョイントは CAD のアセンブリ情報から自動生成されるようになり、機構解析のモデルを作成する手間は以前と比較にならないほど軽減された。

それまでは、2次元図面で設計を終了し、試作品により動作を確認していたメーカーも、3次元 CAD と機構解析ソフトの導入により、すべての動作を確認した後に試作品の作成作業に入れるようになったので、試作品作成中に動作の不具合を発見し、作業が中断されるようなことが無くなった。

(1) 医療用ベッドの設計事例

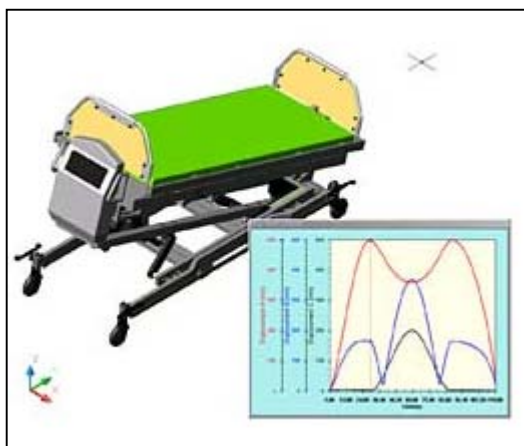
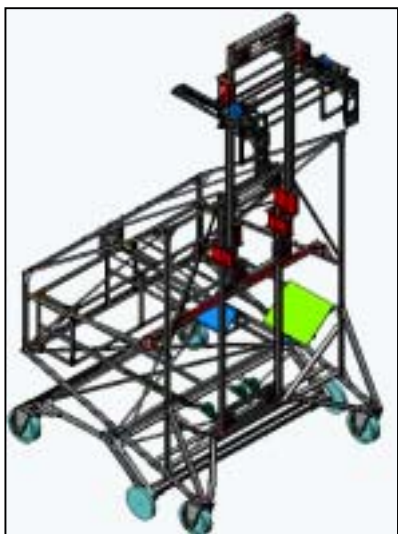


図2-3 医療ベッドの適用例

複数のアクチュエーターの組み合わせで、複雑な動作をする医療用ベッドの開発に、3次元 CAD と機構解析ソフトウェアが使われている。動作の不具合を事前に確認するだけでなく、モータの必要トルク力や可動可能な回転角、移動距離などを即座に把握することで、製品受注段階においても顧客に適切な見積もりが提示できるなどのメリットもある。

(出展:CAD 攻略マガジン 2000年3月臨時増刊号掲載)

(2) ロボットの足回りの設計



NHK が毎年行っている、全国高専ロボコンの出場校でも、3次元 CAD と機構解析ソフトを巧みに使用して、試作無しでロボットを完成した学校があった。競技内容では3段の階段をスムーズに下りるロボットを設計する必要があったために、複数考えられる足回りの機構から最適なものを選択する目的で機構解析が用いられた。ロボットの上部は重心位置に質量を持たせるだけの簡易的なモデル化を行うことで、短時間で多くのパターンの設計案を検証している。

(出展：構造計画研究所 SBD営業部ホームページ)

図2-4 ロボットへの適用例

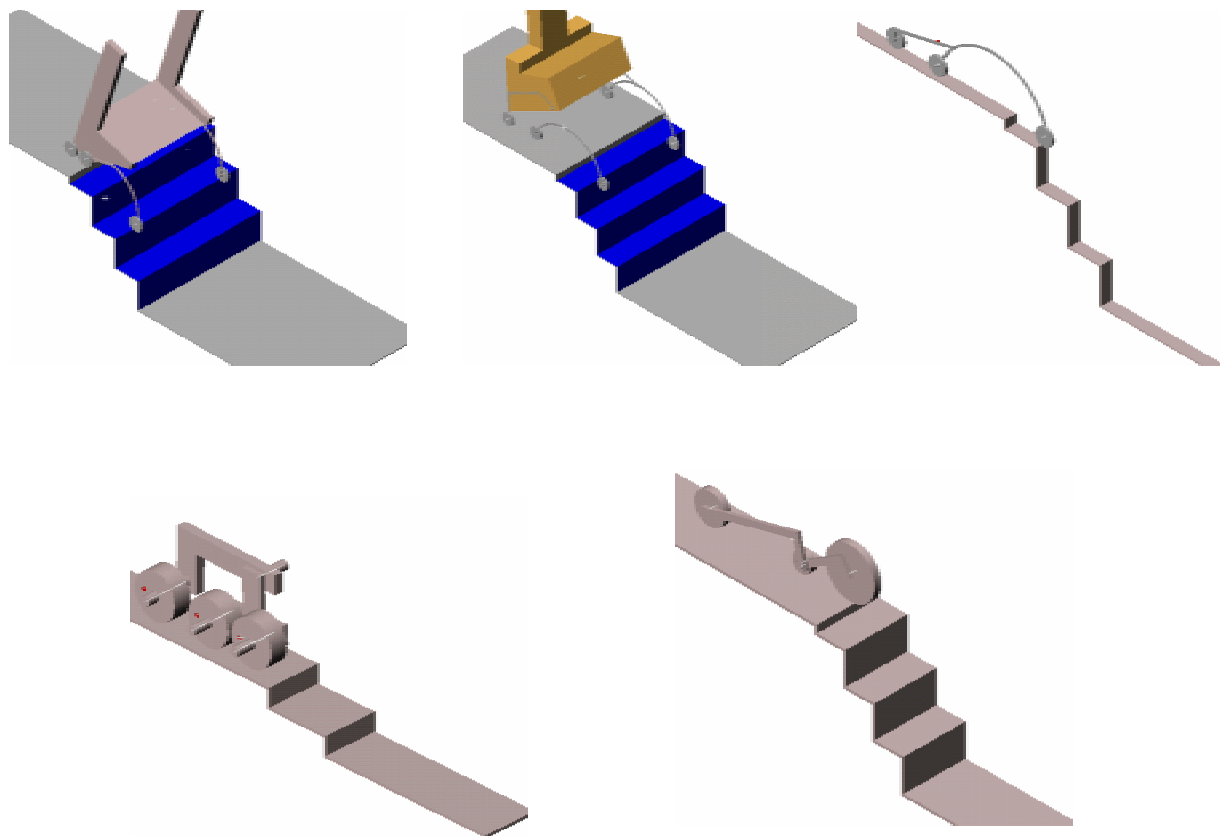


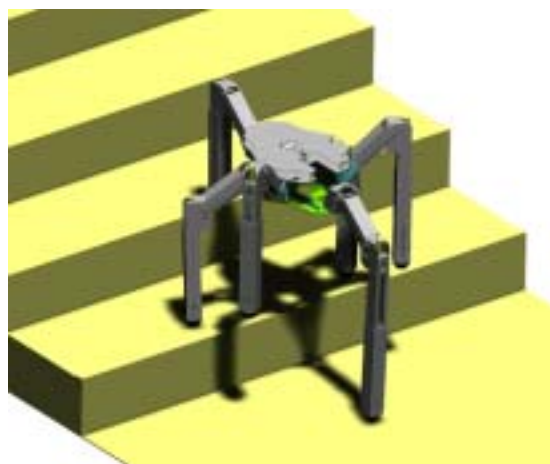
図2-5 ロボット足回りの設計案

(3) 6足歩行ロボットの設計

職業能力開発大学の応用課程の開発課題において、積極的に3次元CADや機構/構造解析が用いられ、製作前の事前検討が行なわれている。



3次元CAD



機構シミュレーション



図2-6 6足歩行ロボット

(出典：雇用・能力開発機構 中国職業能力開発大学校)

2-2 機構-構造連成解析事例

機構解析ではその動作が確認できるだけでなく、作動中に各部品に働く力を算出することが出来る。したがって作動中に破損する部品の変形や応力を解析によって求めようとする場合、機構解析で求めた部材間接合部（ジョイント）の反力を、構造解析ソフトの荷重として使用することが多い。

以下の2例は、部品に発生する応力度を予測し、最適な部材寸法（板厚）を決定する作業において、部品にかかる荷重を機構解析によって算出して構造解析に持っていった例である。

(1) 縦穴掘削用ショベルの台座の設計



本製品は、長いトンネルなどを建設する際に必要になる縦穴を掘削するショベルだが、掘削中に過大な荷重を受けるために、ショベルを支える台座の強度が問題となっていた。補強のための適切なリブの位置や高さを構造解析より求める必要があったが、構造解析ソフトの入力で必要となる荷重が未知のため機構解析ソフトにより台座にかかる荷重を算定した。

(出展:1999年11月8日 ADAMS ユーザ会発表資料より)

図2-7 縦穴掘削機（写真）

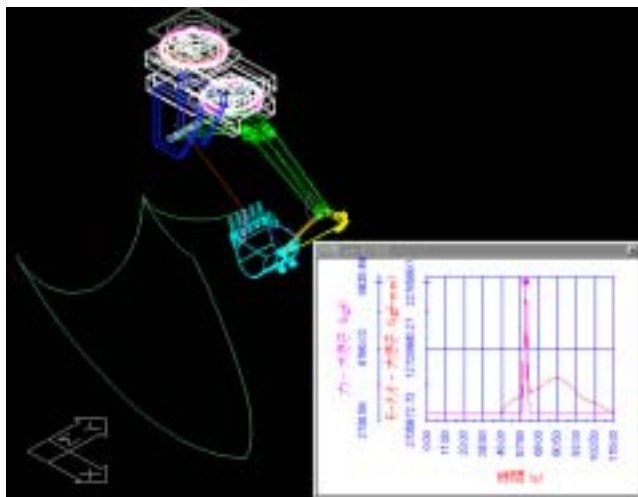


図2-8 縦穴掘削機の機構解析結果

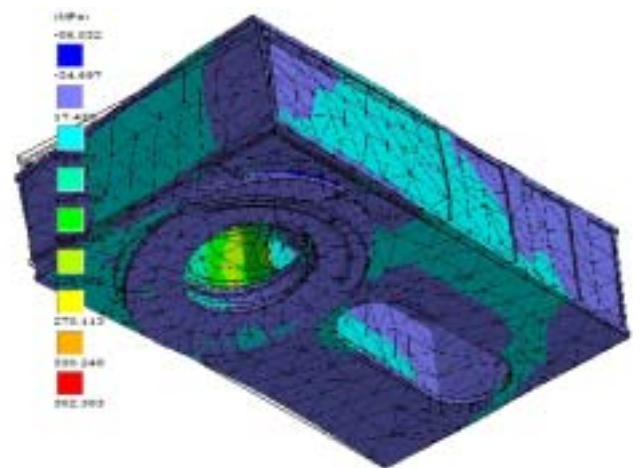


図2-9 台座の構造解析結果

(2) パワーショベルの機構-構造連成解析

パワーショベルのシャフトの強度解析を行うに当たり、事前に機構解析によってシャフトにかかる荷重を算定した。荷重は図2-10のグラフで示すように、ショベルの動きに従って変わっていくが、最も危険と思われる状態の荷重を構造解析の荷重として採用し、強度の検証を行った。

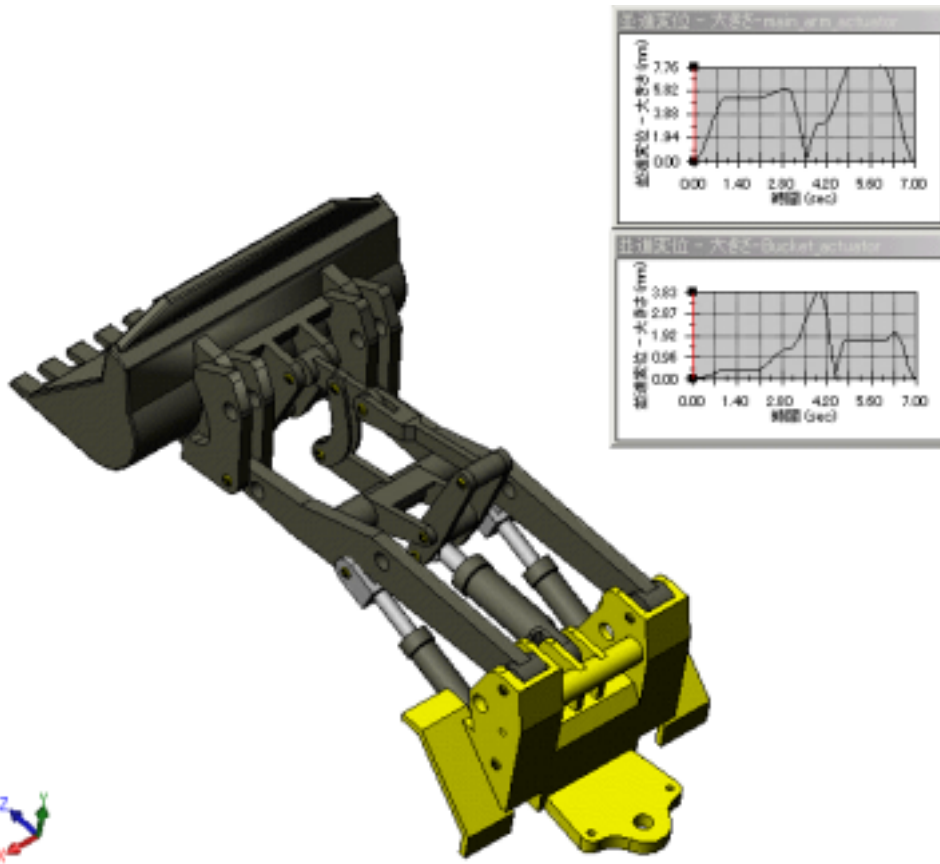


図2-10 パワーショベルの機構解析結果

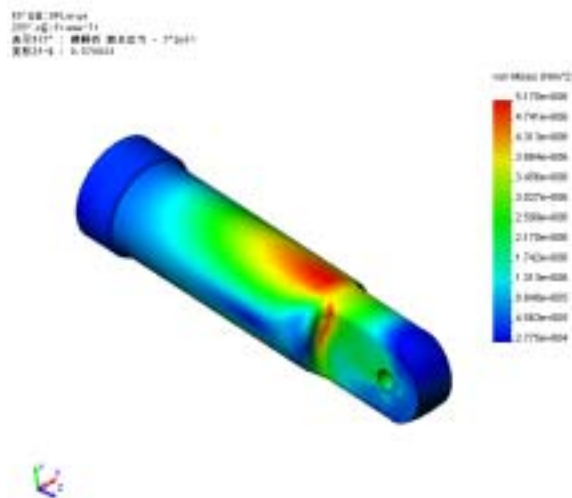


図2-11 中心シャフトの構造解析結果