

# モーダル解析について

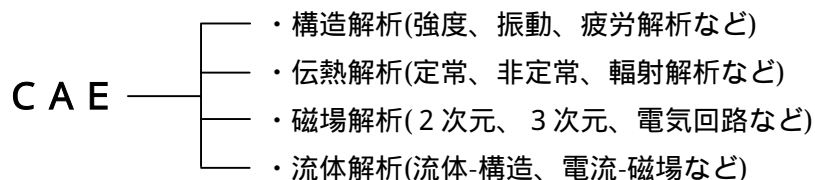
## 1 . 解析の背景と目的

現代の市場においては、生産物に対して「早く」、「安く」、「高品質で」、「安全」であることが求められる。

かつての物理実験による解析手法でも、時間を掛けて試行錯誤を繰り返して完成度を高めることは可能だが、期間と費用が大幅に掛かるという課題があった。この点を解消し、研究開発から製造まで迅速で正確な作業を実現するのがC A E技術であり、昨今このC A E技術を取り入れる企業が増えてきた。

C A E (Computer Aided Engineering)とは、「コンピューターによる工学支援システム」または、「コンピューターを使用した数値解析(シミュレーション)」等、解釈が様々である。

説明としては、実際の物作りの前にコンピューター上で仮想的に物を作成し、様々な角度から仮想実験を繰り返すことであり、これにより実際の試作と実験を減らし、コストを劇的に削減し、開発時間を大幅に短縮する事が出来る。



## CAEの歴史

### 1950年代

ボーイング社の技術者によるジェット機の翼構造の振動特性を解析する画期的手法が開発される。その手法とは、翼を小さな要素に分割し、各要素の特性を数式で表現し、それを組み合わせて翼の全体の特性として表現する連立方程式をつくりあげ、それを解くと言う方法であった。これが機械系分野において現在使用されている有限要素法と呼ばれる手法の始まりである。

### 1960～70年代

有限要素法を用いた汎用構造解析ソフトウェアが国立研究機関、大手民間企業にて開発。  
汎用構造解析ソフトウェア“ANSYS”も米国ウエスティングハウス社の研究者スワンソン博士により研究・開発される。

### 1980年代

運動問題を扱う機構解析ソフトウェア、振動解析ソフトウェア、流体解析ソフトウェアが、コンピュータの性能向上と共に数多く開発される。

SDRC社ジャック・レモンにより、現在のCAEのあるべき姿の概念が提唱される。「CAEによってはじめて、プロセス工程の抜本的な改革をもたらされると考えられる。CAEの定着には、長い年月、費用もかかるが、CAEを進めることは、今迄にない製品や生産を考えたり、製品の差別化や開発期間の効率化をすすめるものとなる。

### 1990年代

CADとCAEの連携が進む。

CAEによるシミュレーション範囲が広がり、従来の構造・熱の問題から音場、圧電、電場/磁場、流れ、衝撃/落下など多くの問題に対応できるようになった。それと共に従来の機械系の分野から、食品、生体、ナノテクの分野まで応用が広がった。

## 2 . モーダル解析とは

構造解析の振動解析の中にモーダル解析は位置付けされている。

モーダル解析とは、様々な構造物、例えば自動車、家電製品、工作機械、建築物、橋等は何らかの外力や加振力が加わると振動現象が発生する。一旦このような振動が起きると外部から力を加えなくても、振動し続ける。このような現象を自由振動という。

すべての物体、構造物はそれぞれに固有の動的性質を持っていて、この動特性がその挙動を決定する。

自由振動には、その物体の動特性に関する全ての情報が含まれている。

モーダル解析とは、物体の固有の動的性質(モーダルパラメータ)を求めることであり、モーダルパラメータとは、固有振動数<sup>1</sup>、モードシェイプ<sup>2</sup>等である。

従来モーダル解析は、自動車、建築、家電、航空機分野で幅広く活用されてきた。例えば、自動車分野では、各 부품の固有振動数が構造物(駆動系、車体)の固有振動数と一致すると共振<sup>3</sup>現象が発生し、振動が増大して乗り心地の低下や、室内の静粛性が損なわれ、自動車の商品性が低下することが知られている。このことより、部品単体レベルでも固有振動数を把握する必要がある。

ヘルツでは、主に定盤の剛性の目安として、コンプライアンス<sup>4</sup>測定やモーダル解析を行ってきた。

ところが昨今のナノテクノロジーに関連する高分解能測定評価機器、超微細加工機等のスペックの大幅な向上で、定盤の共振による動きの影響も無視出来ないレベルになってきた。

測定周辺環境下での振動周波数が定盤の固有振動数に近づき、何らかの外力が作用すると共振現象が起きてしまい、測定結果に大きな影響を与えてしまう。

このことより事前に定盤の動特性を解析により把握しておくこと、設置周辺環境下での振動の把握が、事前の防振対策として、特に高分解能測定器に対して重要になっていく。

## 1 固有振動数

構造物が何らかの力により加振されると、その形や材質、重さ等に応じた特定の周波数で振動する。これが固有振動数であり、その周波数で加振されると共振が起こり、最も振動の振れが大きくなる

## 2 モードシェイプ

固有振動時の構造体の様子（動き）

## 3 共振

構造物にはある特定の周期の揺れに対して強く反応し、振動が増幅するという性質がある。これを共振という。

## 4 コンプライアンス

コンプライアンスとは、変位/力（剛性の逆数）を周波数の関数として表現した伝達関数のことである。