

# 製品開発におけるモデル化のノウハウ

東京工業大学名誉教授・キャテック株式会社

長松 昭男

**【要旨】** 本解説では、機械の製品開発を成功させるために必要なモデル化のノウハウを、様々な角度から論じる。まず、コンピュータに支配される昨今の物造りににおけるモデル化の問題点を指摘し、それを解決する際の留意点を示す。次に、振動解析に焦点を当ててモデル化の難点を挙げ、その克服に必要な要点を指摘する。そして、設計の中核である有限要素法の長所と短所を記し、有限要素法を現場でうまく使いこなして効果を上げる方法を述べる。

## 1. モデル化とは

一般に製品開発は、企画、設計、検証の流れに沿って実行される。企画では、開発目的や顧客要求に従って製品全体の機能・性能を決める。基本設計では、それを満足する全体構造と部品の構成・配置を決定し、各部品に機能・性能を割り付ける。詳細設計では、各部品の構造・形状・寸法を具体化していく。これら企画・設計では、製品の実体が存在しない段階でその機能・性能・構造・形状を順次決めていくために、製品モデルが必要になる。検証では、設計した機械を試作し、様々な試験を通して製品に仕上げていく。この過程で初めて顕在化した機能不全・性能未達・不具合を対策し信頼性を向上させるために、試作実体に並行して製品モデルが必要になる。

このようにモデル化は、設計開発に不可欠であるにもかかわらず、現場ではあまり注意を向けられないことが多い。しかしCAEは、同一モデルに対しては同一解を出す単なる道具にすぎず、これも生かすも殺すも人が行うモデル化次第であり、モデル化こそ製品開発の成否を決定する最も困難かつ重要な創造的作業である。本解説では、構造解析、特に動力学解析に焦点を当て、製品開発におけるモデル化の要点を述べる。

モデルは、対象の様々な属性（形、大きさ、色、触感など）のうち目的に必要なものだけを取り出して対象を表現した仮想体である。動解析で使うモデルは、必要な属性が質量、剛性、減衰という3種類の力学特性であるから、力学モデルという。本解説では力学モデルの概念を図1のように考える。

まず物理モデルは、力学特性をそのまま図として再現するものであり、ばね質点系のように形状を抽象化するものと、FEMモデルのように形状・寸法を可能な限り保持するものがある。物理モデルに付随する数学モデルは、質量、剛性、減衰を係数とする運動方程式である。一方、これら3種類の力学特性の代りに振動における初期振幅、繰返し速さ、消える度合という3種類の現象量で表現する方法がある。多自由度系では、これら現象量がそれぞれ固有モード、固有振動数、モード減衰比というモード特性になるから、これをモードモデルという。

## 2. モデル化の特徴と問題点

現在の構造設計はコンピュータに支配され、それに伴ってモデル化は以下に記す特徴と問題を有している。

### 2.1 離散と有限

物理モデルといえば必ず有限多自由度離散系を指す。その結果、無限自由度連続体である実機の離散化と有限化が近似であることを忘れ、実体そのものが初めから離散系であるという錯覚に陥りがちである。