

# 制約に基づくモデリングの提案と考察

京都情報大学院大学 教授

山縣 敬一

コンピュータを利用して計画型の問題や設計型の問題解決を図ろうとするとき、コンピュータ内部にいろいろな形態のモデルが作られる。機械製品の場合のデジタルモックアップはその典型的な例である。モデル構築における重要なポイントの一つは、単に幾何学的なモデルを表現するに止まらず、多様な設計目的や設計変更に応えられることである。本論文では、とくに製品モデルのように多くの部品からなる複雑なモデルに対して、部品間の制約条件や依存関係をモデルに組み込むことを検討している。具体的には、水圧シリンダー、油圧クラッチ、産業用ロボットのリンク機構の性質の異なる3種類の場合について、ケーススタディを行い、改良解の導出に効果的なモデルのあり方を検討している。

## 1. はじめに

ものづくりの現場では、デジタルモックアップが作られる。CADシステムによる部品設計が行われた後、それらを組み合わせた製品に近いモデルをコンピュータの中に作り出す。その目的とするところは、製品出来上がりの意匠評価、製造組立工程でのシミュレーション、その製品が実際に使われる状況になったときの各種機能の事前評価に利用される。展示会などでは、数千もの部品を乗せた仮想的製品モデルを見ることが出来る。このとき、これらの多くの部品相互の間には多くの依存関係や拘束関係が存在しており、それは単にCGによるリアルイメージだけからは見えてこない。しかし、デジタルモックアップは一定の手順で完全なものが作り出せるわけではなく、製造過程から市場に出た後の状況での多面的なシミュレーションを経て、順次不具合を取り除き、適切な材料や部品を選び、CAEによる解析結果を使ってより好ましい物に仕上げて行く。このとき、部品相互の間の寸法・機能・強度などの依存関係がどこまでモデルに記述されているかが重要になる。本稿では、このような観点からいくつかのケーススタディについて、考察してみる。

## 2. 依存関係によるモデルの必要性

少し、極端な場合を考えてみる。最近、市場に出回った商品に不具合が見つかるケースがしばしば報告されている。そこで、その原因がはっきりしたとして、ある部品を交換するものとしよう。そこで、過去に作ったデジタルモックアップを取り出して修正を加えようとするとき、その部品を単純に差し替えるだけで済むのは極めて稀であろう。その部品の周辺で、寸法・機能・強度の影響が他の部品にも及ぶはずである。しかし、その依存関係がすぐに分かるようになっているだろうかとか云う問題である。

実はこの問題は、CADシステムでモデルを作り上げていく

過程ですでに存在している。例えば、3次元のプリミティブを配置したり集合演算を行って複雑な形状を作っていく過程で、すでに操作したことの誤りが見つかったとする。素朴な発想からすれば、これまで進めてきた操作をそのまま逆順に元に戻していったって間違いの源まで遡り、やりなおすことになる。しかし、このやり方が適切でないことはすぐに分かる。例えば、ワードで文章を作成しているとき、ずっと前の方で間違った文章を入れたことが分かったとしても、その文章を入れたところまで操作をもどしてやり直すようなことはしない。ひとまず間違った文章がすでにあるものとして、すでに入力した文章を改訂するという手順をとる。実は、CADシステムでもこの方法をとりたいのだが、モデルを作るときにすでに定義された部品なり幾何形状を利用して次の形状を定義していくため、後から勝手に一部の形状を修正すると全体としての整合が崩れてしまう可能性がある。このため、CADシステムにおける操作は単純に形状が表現できればよいのではなく、後からの修正に対しても都合のよいように、形を作り上げていく過程の中で、依存関係のある部分とない部分の切り分けができるように工夫が盛り込まれている。この特徴がある意味でシステムベンダーによる差別化の対象になっているのである。

そこで、このような部品や幾何形状相互の間の依存関係あるいは拘束関係を、最初から表面に出して扱うようなモデリングのプロセスは考えられないだろうか、というのがここでの議論の発端である。

## 3. 制約による問題解決の簡単な例

設計問題を制約条件に従って解くという簡単な例として、水圧シリンダーの例を図1に示す。もともと設計問題を解くときには、設計パラメータ間の固定された制約(拘束)条件があつて、それを充足させながら設計意図を反映させることになる。しばしばその設計意図は多目的であり、いろいろな見方が必