

設計者視点のCAE活用術とは

ソリッドワークス・ジャパン 大澤 美保*

*おおさわ みほ：ユーザー・エクスペリエンス・シニア・マネージャー

かつて解析(シミュレーション)のツールは、解析専任者のみを使うものという位置づけであった。SOLIDWORKSは、20年前に「Design CAE」という英語を「設計CAE」と日本語化し、設計者が日常的に使用する3次元CADに統合された「設計者のためのCAEツール」を追い求めてきた。その後「Design CAE」は、いつしか「Design Validation(設計検証)」とCAEの使用用途を示す言葉に変わり、2019年現在、SOLIDWORKSの解析ツールには再び「Simulation(シミュレーション)」という言葉が戻っている。SOLIDWORKSではCAEツールを使ったことのなかった設計者へ、設計を先に進める手段の1つにCAEを据えることを提唱するために、そしてハードウェアがますます進化する現代では、バーチャルツインの片側を担う設計ツールとしての位置づけを明らかにするために、この言葉を使用しているが、設計CAEとはいえ解析専任者の使用するCAEツールの技術と変わらない。したがって、CAE技術を専門的に学習した経験のないエンジニアには「CAEは難しい」「ハードルが高い」と思われてしまうのは当然で、「CAEを活用できていない」という企業も少なくない。

本稿ではいくつかのCAE活用の「目的」を挙げながら、設計者視点(設計現場)でCAEを活用するという具体的な紹介し、今後の現場におけるCAE活用のプラスになることを期待するものである。

設計CAE導入の目的は明確か？

CAEの導入目的の1つに「品質向上」がある。

より良いモノを作るために必要な改良を施した場合、期待する品質に到達したのか否か、改良に向けて複数の設計案を比較・検討して絞り込むプロセスでは、プロトタイプ作成とプロトタイプによるパフォーマンス検証(試験)が不可欠である。作成費用と試験に要する時間は、絞り込む設計案数に比例して増大する。この設計案の比較と検討にCAEを活用することで、プロトタイプ作成と試験に要する費用削減および時間短縮を図ることができ、多くの企業がこの用途では成功している。現在の設計より「品質が良くなったこと」を表す指標が何かを理解しているからこそ予測している結果とCAE結果が比較・評価しやすい。剛性を高くした(例：断面積を大きくした)ことによって変位が小さくなった、または応力が低減できたなど、現行の設計と明確な値を比較することで妥当な設計であるかどうかを「検証するツール」としてのCAEツールの導入目的が明確である場合、活用できていると実感することは多いはずだ。一様な長方形断面や円形断面の剛性を計算するなら、手計算の計算式も流用できるが、今や長さ方向に一様ではない複雑な断面の剛性を手計算で割り出すのは時間もかかり、間違いも多い。

SOLIDWORKSをはじめとする3次元CADは、形状による異なる方向の剛性を計算するだけでなく、統合されたCAEツールを使うことで変位や応力までも短時間で計算してくれる。CAEは「品質向上」のために設計者が使うべき不可欠なツールなのだ。さらにSOLIDWORKSでは「デザインスタディ」機能により、設計寸法の変化に伴う、指

定する位置の変位や応力の変化を追跡し最適化できる。可変の複数設計寸法を変化させることで大きく影響されるのはどこの変位または応力値かを突き止め、効率的に品質改善を図るのも可能だ。

図1、図2、図3はデザインスタディを使用した例である。プラスチックのノブの設計寸法から可変の寸法を変数とし、それぞれの寸法値を変更しながら制約条件(例：安全率を1以上2以下)の下、質量最小をゴールとした場合の最適解を導き出せる。

あらかじめ3次元設計しているため、可変の寸法値同士が成立しない3次元モデルは作成しえない。設計者にとっては、可変の寸法値の組合せを考えることなく自動的に最適解が求められるため、品質向上だけでなく生産性向上も期待できる。

設計CAE導入の目的を考える

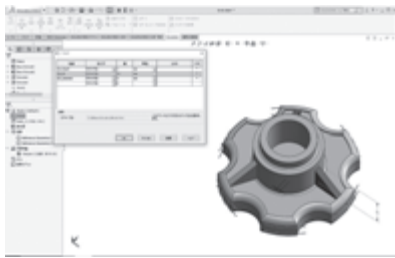


図1 初期設計と寸法のパラメータ化

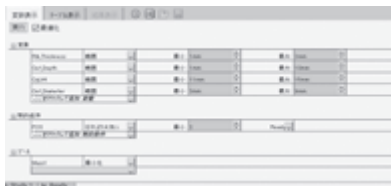


図2 可変寸法(変数)の最小, 最大値, 可変方法および制約条件とゴールの設定

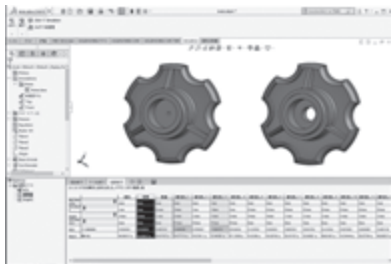


図3 初期設計(左)および最適解(右)

製品の小型化や軽量化によって、過去に指標となった値をそのまま流用できないことは多い。特に冷却などの熱問題では、思わぬ問題が潜んでいる場合が多いのだが、そんなときこそ検証ツールを使用する必要があるだろう。もともと宇宙航空工学で発展したCAE技術は、宇宙という

予想不可能な空間で何が起ころうかを想定するツールとして使用されてきた。ミクロからマクロの世界まで、3次元空間に表すことができる世界であればシミュレーションは可能、という技術であり、指標がないものに対して新たな指標を作っていくことができる。この目的のために構造解析をするなら、非線形解析ツール(荷重の大きさと発生する最大応力が線形関係にはない)を使用するのがふさわしいだろう。なぜなら指標がないので線形静解析(時間変化のない一定荷重で、微小変形範囲の力のつり合いを解く)だけで計算した結果が現象を正しく反映しているかどうか判断できないからだ。ここで壁が立ち上がる。非線形解析に必要な入力情報が何なのかがわからない。過去に「材料」は学んだことがないという電気・電子系のエンジニアが企業に入って「明日から構造解析をやってくれ」と頼まれるケースはこれに該当する。または解析専任者が社内において、「設計者に非線形解析などやらせるわけにはいかない」というケースもあろう。いずれにせよ非線形解析の「非」にブラックボックスな部分が多く、設計者の多くが「計算した結果を評価できないのではないかと直感的に抵抗を感じるのだろうと推測する。

それならば、馴染み深い線形静解析で計算すればよい。ただ、結果を予測できるのかという疑問が残る。検証ツールとは、設計を前に進めるためのものであり、設計が妥当かどうかを判断する指標がない計算は意味がない。元来、解析ツールは「この急な流れを持つ川にこんな橋(設計案あり)を架けたら、橋として機能するのか」に使われる技術であり、昨今SOLIDWORKSもサポートしているトポロジー最適化機能を使い「この急な流れを持つ川に対応できる橋はどんなものがあるか(設計案なし)」を生み出すテクニックとは異なる。

指標のない製品のパフォーマンスを見極めるためには、それに見合うツールを使うことをお勧めしたい。特に熱の問題は複雑である。熱は、熱伝導率の異なる物体間を流れるだけでなく流体(空気などの媒体)を介して移動する。このため、昨今では熱流体解析ツールへの期待が高い。しかし構造解析が、線形静解析や非線形解析といった、



比較的判断しやすい現象の表現でツールを使い分けることができるのに対して、流体解析は形の無いものが対象で、その構成則や現象の複雑さが計算した結果の判断を難しいものになっている。流体解析における壁の1つに、「計算が停止してしまっているのでは?」、「本当に結果が正しいのか?」という疑問にぶつかり、その先に進めない、ということがある。

ろうそくをモデル化した例(図4)を示す。モデルは、板の上に透明なアクリル板を立て(図左に垂直に立つ灰色のプレート)、100 mm離れた場所にろうそくを置いた様子を表している。アクリル板に向かって(図4の左側から)息を吹きかけたとき、ろうそくの炎はどちら方向を向くか、という流体問題を解く。

まず読者の皆さんは炎の流れる方向を予測しているだろうか。検証ツールを使う場合は、計算結果の予測が必要である。SOLIDWORKS FlowSimulationで計算した流体解析結果を図5に示す。流速コンター図とベクトル図を重ねて表示し、ろうそくの前端付近を拡大表示している。ベクトルは明らかに、手前(アクリル板の方向)に向かっているのがわかる。

このとき、境界条件として温度条件(炎)を考慮していない。「炎」と聞くとすぐに「熱」の影響を考慮しがちだが、まずは強制的に与えられた流体移動を把握することが必要である。流体問題はちょっとした条件が大きく結果に影響するため、追加の条件を一度に盛り込んでしまうと、何の要因が流れを作っているのかが不明瞭になるだけでなく、予測とも合わない結果となって不安になりが

ちなのだ。

温度を考慮して流体解析を行った結果は図6の通りである。ろうそくの炎付近の温度分布(青より黄緑色が高い)と速度のベクトル図を重ねている。この2つの結果から、強制対流によって空気はアクリル板に向かう方向に流れ、温度によって冗長されると判断できる。流体解析の場合はこのような小さな問題を使って、実験結果と解析結果を比較することで、より確信を持って大きな、または複雑な問題に対応することができるであろう。少しずつ境界条件を加えていくテクニックは、計算時間の予測にも効果的である。

図7は、SOLIDWORKS FlowSimulationのデフォルトメッシュサイズ(3軸方向分割数指定)を適用した例である。図5および図6に示す結果を出した。極端な例ではあるが、流れの特徴を確認するためにも有効なメッシュ数である。

図8のように、メッシュはいかようにも詳細に作成可能だ。しかし設計者なら、初期計算用に作成するメッシュは、単純明快に短時間で計算の済むメッシュ数が良いだろう。なぜなら設計者は、あくまでも設計を検証するために流体解析を行うのであって、必ずしも詳細なシミュレーションを必要としない場合もあるからである。

設計CAE導入の目的は、製品破損の原因を追究し、壊れない製品を作ること

製品が壊れる、ということはあってはならないことであり、一般的には安全率を加えて壊れないことを保証する。耐荷重を記載して、それ以上の

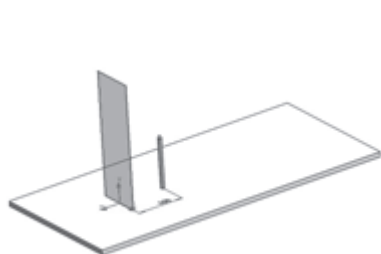


図4 ろうそくの流体解析モデル

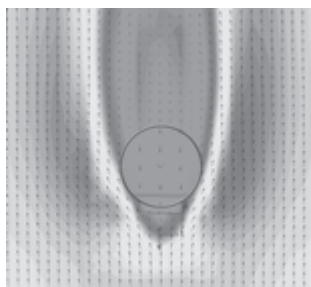


図5 ろうそくの流体解析
FlowSimulationの結果

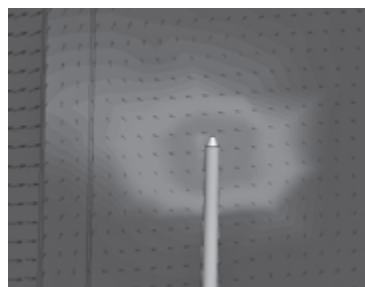


図6 ろうそくの炎付近の温度分布
と流速ベクトル図