

自動車用制御バルブ（CCV）開発における CAE の活用

Use of CAE for Development of Car Control Valve (CCV)

キーワード

CAE, 自動車用制御バルブ, 変形応力解析, 磁場解析, 振動解析

商品開発部 開発企画室

島崎 泰治

岩村 裕

部品事業部 技術二部

宮武 慎

■ 摘要

コンピュータを用いたデジタルエンジニアリング（DE）が開発段階、製造段階における機能・性能確認、品質向上、リードタイム短縮、コスト低減に有効なツールとなりつつある。そのひとつに CAE（Computer Aided Engineering）があり、ものを作らないで仮想評価をする手法であり、本稿は自動車用制御バルブ（CCV: Car Control Valve）開発に活用して開発期間を短縮した事例について紹介する。

■ Abstract

The digital engineering (DE) using the computer is becoming a tool effective in the function and performance check in a development stage and a manufacture stage, the improvement in quality, lead time shortening, and cost reduction. CAE (Computer Aided Engineering) is in one of them, it is the technique of carrying out virtual evaluation without making a thing, and this paper introduces about the example which utilized for the Car Control Valve (CCV) development, and shortened the development period.

1. はじめに

当社は「ものづくりの世界の発展に貢献し、企業の成長をはかる」を経営ビジョンとしている。

ものづくりでは「より良いものを安くタイムリーに提供する」ことが重要であり、そのため各メーカーは製品開発に凌ぎを削っている。一つの製品の開発・製造における機能・性能確認、品質向上、リードタイム短縮、コスト低減に有効なツールとして、DE が製造業に大きな変革をもたらしつつある。当社は以前から CAE 解析を重視し種々の開発に活用してきた。そのひとつとして、自動車用制御バルブ（図 1）の開発と品質向上にも適用している。

自動車用制御バルブは AT 搭載自動車の変速時の



図 1 自動車用制御バルブ（CCV）

数種類のブラケットに荷重を加え、変位量、変形応力を比較する。基本形状よりどの程度剛性をあげるか変位、応力より判断し形状を決める。

バルブは本体にブラケットが溶接され一体になっている。この形状を図 3.1 に示す。

バルブブラケットに最大外力（油圧力、振動等）が加わった時の変位量、変形応力を解析計算しその結果より最大応力が弾性域内にあることを確認した上で、最終的には共振点が有害な振動周波数範囲外で、最も経済的な形状を選択する。具体的には、バルブブラケットの共振点を測定または計算し、解析データを元にねらい形状がどの程度の共振点と応力になるか推定し、最も経済的な形状に決定する。変形解析結果を図 3.4 に示す。

バルブブラケット設計での CAE の活用によりブラケット試作による試行錯誤を 2~3 回繰り返していたものが、ほとんど 1 回の試作で合格するようになっていく。

このような解析を行って自動車用ソレノイドバルブのブラケットの剛性比較検討ができ、確実な性能品質の製品が設計できる。

バルブ本体の強度耐久性を検討するため形状を変

えながら変形応力解析を行っている。ここでは本体に内部部品が押しつけられたときの状態を検討する事例を紹介する。

本体の一部に荷重がかかった状態として変形応力の解析を行う。

ボディを詳細に 3D モデル化する。この形状を図 3.3 ボディ外観図に示す。この形状をもとに、解析を行う。解析結果を図 3.4 バルブボディ変形応力分布図に示す。

この結果をもとに、最大応力箇所を検討し、どのような形状にすればどの程度最大応力値を下げられるか推定する。これらのデータを基に最適な形状を求めて試作し、耐久評価で検証を行っている。

実験装置での試験に比べ、過酷な条件も容易であり、また多くの回数をこなすことも可能なので、実験のある意味で性能品質の追求が行える。

4. 振動解析事例

自動車にはエンジン振動、ポンプ脈動、路面からの振動など様々な外部からの振動が加わる。そのた

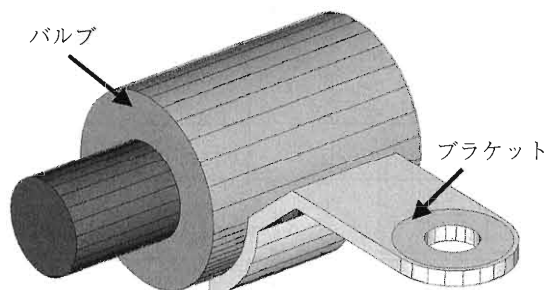


図 3.1 バルブブラケット一体形状

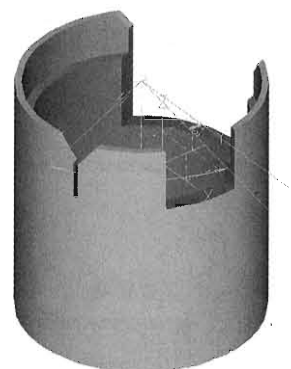


図 3.3 バルブボディ外観図

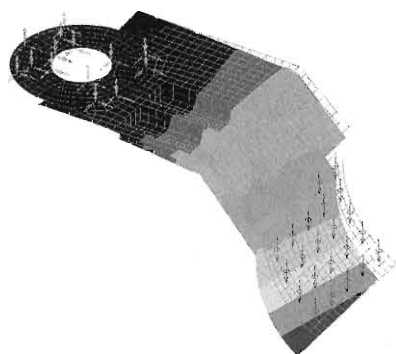


図 3.2 バルブブラケット変形解析図

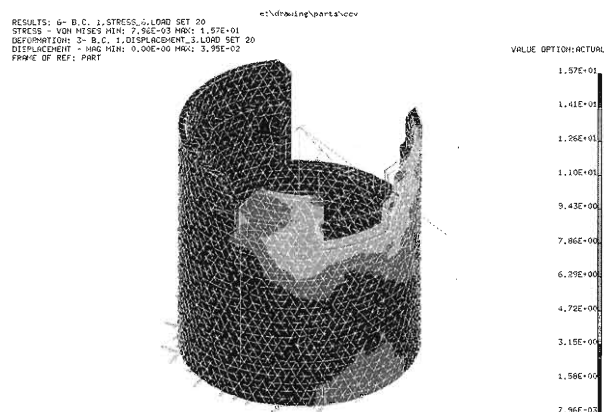


図 3.4 バルブボディ応力分布図

め、バルブ自身がその振動を受けて不具合に至ってはならない。特に、外部振動によってバルブが共振した場合不具合発生確率が極端に高くなるため、あらかじめ振動解析を行い、共振状態をさける設計を行っている。

3D CAD でバルブ全体の 3D モデルを作成し、振動解析ソフトでバルブの固有振動数を計算する。ここでは可動部分のプランジャ部とボディの振動の解析例を表す。ボディは全体での振動を考慮するためシート、ストップ、ブラケットも組み合わせた形状である。

図 4.1 にプランジャ形状を示す。このプランジャの振動解析を行うと、固有振動周波数値と振動による変形変位状態がシミュレートされる。その時の状態が図 4.2 である。矢印が変位する向きである。頭が首をふるように振動することがわかる。

図 4.3 にバルブボディ形状を示す。このモデルの振動解析を行うと、上記と同様に固有振動周波数と振動による変形変位状態がシミュレートされる。この時の状態が図 4.4 である。ブラケットが揺れるよ

うに振動することがわかる。

これらの値が自動車の有害振動範囲内に存在しないように設計を行っているが、従来はこれを試作して検証するのみのため試作後失敗するケースもあったが、CAE で事前にシミュレーションすることにより、失敗のない設計ができるようになっている。

5. 流体解析事例

自動車用制御バルブは -30°C から 150°C まで動作が保証されている。その中でバルブの流量スペックは、 -30°C 、 20°C 、 80°C と細かくスペックが規定されており、特に極低温時は作動油の粘度が高く、必要な流量を得るために部品の細部形状の検討が必要となる。そのため、バルブ内の部品形状を変更したり、最適部品形状にする場合、流体解析により試作シミュレーションを実施している。

バルブ切換部の部品の最適形状を求めるために、油の温度による流れ状態や流速、流量などを解析計算する例を示す。バルブ切換部の形状を図 5.1 に示

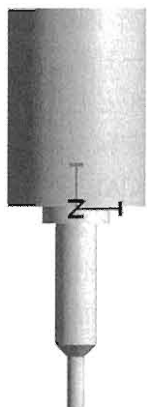


図 4.1 プランジャ形状

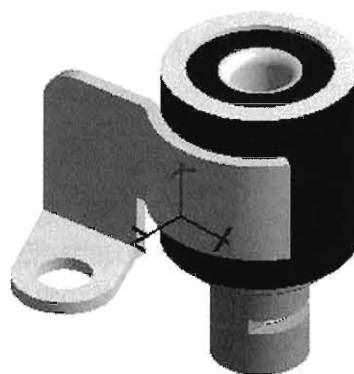


図 4.3 バルブボディ形状

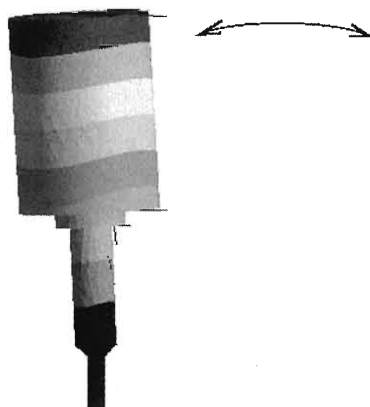


図 4.2 プランジャ 1 次固有振動状態

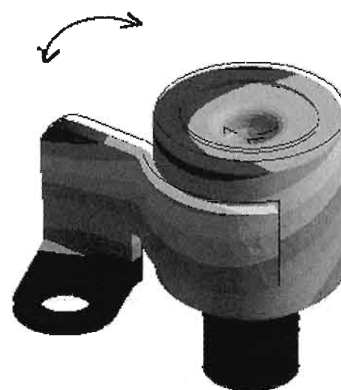


図 4.4 バルブボディ 1 次固有振動状態

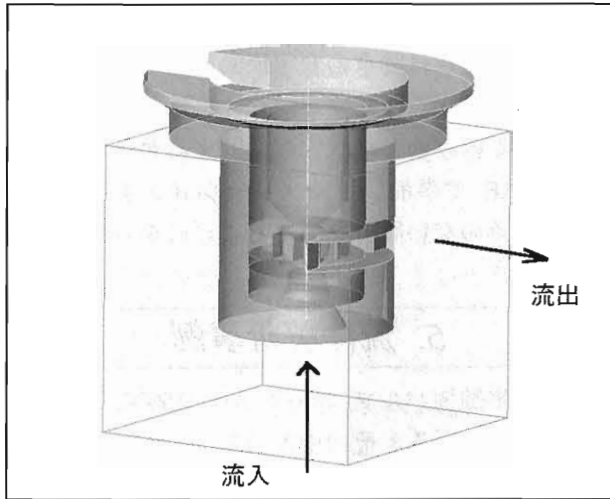


図 5.1 バルブ切換部形状

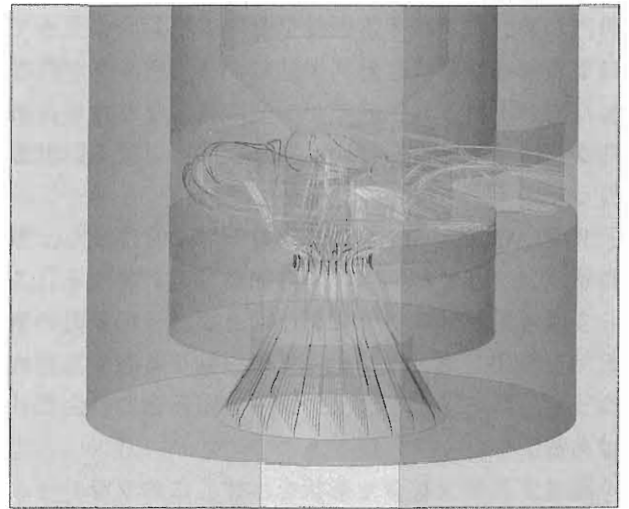


図 5.2 20°C での流れ状態

す。内部のボールが上に上がり上の部品（シート）に接触することにより上の穴をふさぐことになり、これにより下の穴が開くので、油が下から右に流れる。この時の状態を、油温度が-40°C から 150°C での場合の流れの様子を解析する。この時の流れの状態を図 5.2 に示す。流れの軌跡を線で表し速度分布を色で表現している。

流入した油はボールと穴（シート）の部分で流速が速くなる。そしてボールのまわりをなめらかに流れ、流出口から出力される。また流速、流量においても計算で求まる。この流れ状態の流体解析は流れ実験ともほぼ一致していて、バルブの油の流れがある程度予測できる。特に、実験では割合難しい各部品の相対位置が異なった場合の流量や流体力の比較が簡単に解析できるため、流量等の限界予測する上でも効果的である。

6. おわりに

自動車用制御バルブ開発と品質向上に CAE を活用した事例について述べた。本 CAE 解析により、従来にない超高性能とコンパクト化を実現しながら、同時に大幅なリードタイムの短縮や大幅なコストの削減を実現することができた。

本稿では CAE 解析事例を中心に述べたが、DE は開発から製造・サービスに至るすべての業務プロセスを改革するツールとしてますます重要になりつつある。単に従来の業務プロセスの中に CAE を導入するのではなく、CAE を徹底的に活用できる業務プロセスへの改革である。これらは CAE 技術の開発だけでなく、それを使いこなす人の育成、システムの構築・運用、理解活動、それらをまとめるマネジメント等、CAE 技術自体とは別の側面の活動により達成できるものである。そして核となる CAE 技術については、現状の CAE の更なる向上技術と、現在取り組まれていない新たな分野を開拓することにより、CAE 活動をいっそう強固なものにしていきたい。



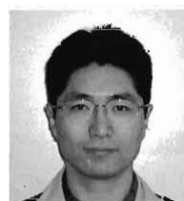
島崎 泰治

1980年 入社
工具製造所で製作、生産技術に従事
1990年 技術開発部に移り、FA、CAD、CAM、CAE 等に従事し、現在に至る



岩村 裕

1990年 入社
FA 技術関連に従事し、現在に至る



宮武 慎

1997年 入社
部品事業部技術二部[CCV]に従事し、現在に至る