

## 論 説



# 品質工学とV&V

## —シミュレーションによるロバスト最適化—

Quality Engineering and V & V  
—Robust Optimization by Simulation—

沢田 龍作\*

Ryusaku Sawada

### 1. はじめに

筆者は自動車用エンジンの設計においてシミュレーションを活用し、試作・評価試験の前に機能評価を行い、エンジン部品のパラメータ最適化を行っていた。しかし、シミュレーションを活用して市場のさまざまな使用条件や環境で機能のロバストネスをどう設計するかは全くアイデアがなく、実験ベンチでの「いじわる試験」や、さまざまな使用条件、環境でのモニター評価試験に頼るしかなかった。

こうした試験の重要な問題は、2章で述べるが、試験だけによる機能のロバスト設計は、市場の使用条件や環境は無数に近く、各条件での評価試験は不可能なことである。このような状況の中、筆者は品質工学と出会い、ロバスト設計の考え方に大きな可能性を感じ、シミュレーションによるロバスト設計への挑戦を始めた。参考にしたのが田口玄一の『研究開発の戦略』<sup>1)</sup>である。そこで、直面した新たな課題が、シミュレーションの品質、精度をどう保証するかである。品質工学の中ではシミュレーションの精度および検証方法について言及している事例がなく、米国機械学会（ASME）で定義されたV&V（Verification & Validation）<sup>2)</sup>の方法論を参考に、ロバスト設計で用いるシミュレーションの精度や検証方法について筆者の考え方を述べる。

### 2. 現状の問題点

市場のさまざまな使用条件や環境で機能のロバス

トネスを保証する方法は(1)実験ベンチでの「いじわる試験」と、(2)市場モニター評価である。前者は目的機能に対して負の結果をもたらす公差や外的環境を全て集めて行う試験であり、後者は(1)を通過した試作品をさまざまな使用条件や環境で機能評価するものである。どちらも、前章で述べたように、誤差の無数の組合せがあり、調合にも限界があるため、社会損失を減らすため、安全率が過剰になり、会社の損失が大きくならざるを得ないという問題がある。よってシミュレーションによるロバスト設計への期待は、会社のコスト低減のために、非常に大きいのである。

### 3. シミュレーションのV&V

まずはASMEにおけるValidationの定義<sup>2)</sup>を述べる。図1に示すように、Validationは計算モデルを用いたシミュレーションコードによる計算結果と、物理モデルを用いた計測システムによる実験結果の定量的比較を意味する。もう一つのVはVerificationであるが、これは数学モデルより計算モデル（離散化等）を作る際の離散化誤差等、計算コードの検証を意味するが、これはコードの開発者が保証するものであり、今回は利用者の立場からValidationについて言及する。

図1からわかるように、Validationは定量的評価であり、不確かさを持つ実験結果との定量的比較である。計算結果も不確かであり、計算結果の誤差評価は、真値との差ではない。また実験データの不確かさも、物理量の真値がわからないことがほとんどで、結果として、計算結果の定量的な精度評価はで

\* サワダ技研(株)