



計算モデルと実験を高度に統合した SKYACTIV エンジンの性能開発 —モデルベース開発(Model Based Development)—

研究・開発機関 : マツダ(株)
 利用施設 : 自社設備
 計算規模 :
 利用ソフトウェア : 自社開発ソフトウェア、市販CFDコード

Before

●エンジン開発において、従来は設計図面が完成した後、実機評価を行っていました。実機評価で目標が未達成であると設計や図面作成に戻らざるを得ず、開発期間、開発工数ともに大きな損失を生じることがありました。

After

○構想設計段階と詳細設計段階に、高度な数値解析モデルを組み込んで開発した性能予測技術を採用し、実機評価との差が縮まりました。
 ○設計者向け解析システムを開発し、従来は200日以上かかっていた燃焼安定性の検討が約5日で完了するなど、多くの諸元、形状を机上で決めることが可能となりました。

■背景と目的

エンジンの設計は、大きな諸元を決定する企画・構想設計段階から、細かい部品の形状を決定する詳細設計段階に至るまで、多くの検討が必要です。図1にエンジン開発のV字プロセスを示します。

V字の左バンクでの設計により図面が完成した後、右バンクで実機評価を行います。実機評価で目標が未達成であると左バンクに戻らざるを得ず、開発期間、開発工数ともに大きな損失になります。特にSKYACTIV エンジンは、低速域から高速域まで高い出力性能と燃費性能を達成する必要があり、従来の延長線上の開発手法では実現が困難でした。

そのため、左バンクの開発を充実させることが重要なポイントであり、従来のような実験中心の試行錯誤的な開発から、数値解析モデルを使ってメカニズムをきちんと把握した上で多くの諸元の最適化を机上で行う開発へと変革を進める必要がありました。

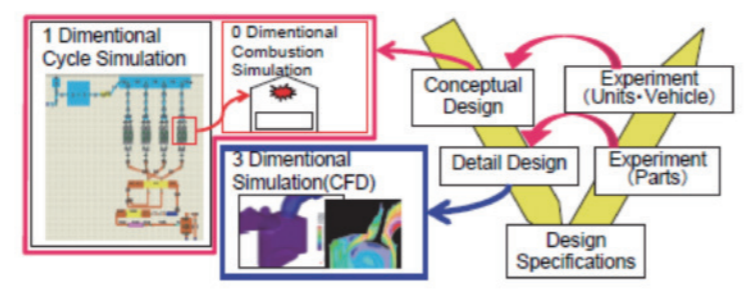


図1. エンジン開発のV字プロセス

■ 利用成果

構想設計段階でのモデルの活用

エンジンの出力・燃費・自動車排ガス (EM) などの諸元の机上検討には、一般的に0次元もしくは1次元モデルがよく活用されます。

しかし今回のエンジンの開発では、高精度な検討を必要とするため、詳細化学反応モデルを組み込んだ吸排気性能予測技術を新たに開発しました。

これにより、従来は実車で評価に頼っていた過渡運転時の車の挙動も机上での検討が可能になり、構想設計段階で諸元の最適化ができました。

詳細設計段階でのモデルの活用

一般に燃焼室の詳細形状はエンジン性能へ大きく影響します。そこで、各種条件下で噴霧挙動を正確に予測できる手法を開発し、モデルの精度を大幅に向上させました。

その解析結果を図3に示します。燃焼安定性の実測値(a)と最適化後の予測値(b右)がよく一致するのが分かります。これにより、燃焼室の詳細形状の最適設計が行えました。

モデルベース開発 (MBD) を支える効率化技術

複雑な現象を扱う3Dモデルの実行には、CFDの知識の他にスパコン・システムの知識が必要です。更に、モデルの作成、解析実行、結果処理の操作自体も難しく、解析モデルの作成や条件設定にノウハウが必要です。加えて、今回のエンジン開発には膨大な量の解析が必要で、効率的な進め方が不可欠でした。

そこで、解析の操作を簡易化し、多くの解析ノウハウを織り込んだ設計者向けCFDシステム (PT-ECS: Powertrain Easy CFDSystem) を独自に開発しました (図4)。

これにより、従来は200日以上かかっていた燃焼安定性の検討が約5日で完了するなど膨大な量の計算実行が可能になり、解析モデルがエンジン開発の中に完全に定着して、多くの諸元、形状を机上で決めることが可能となりました。

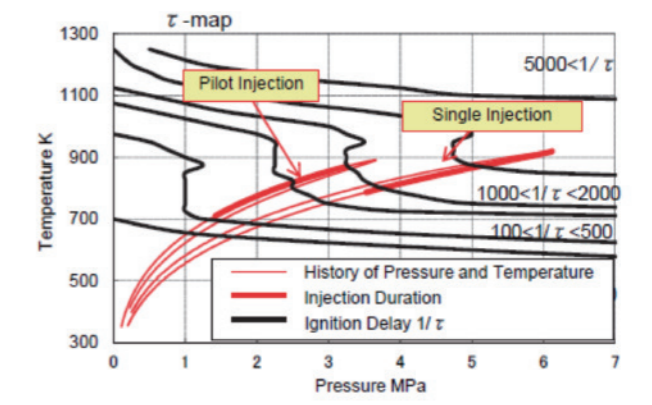


図2. 燃料の着火遅れ時間特性 (τ-map)

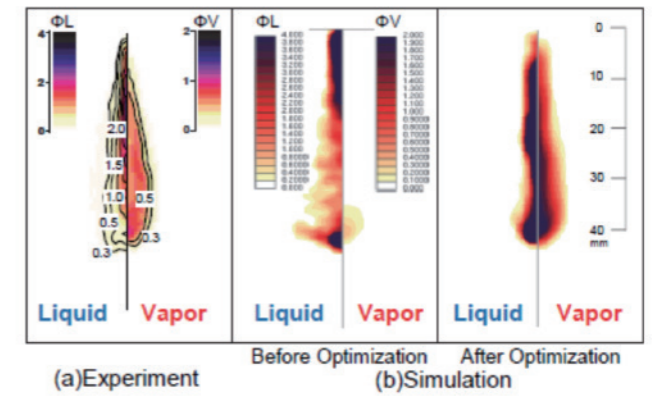


図3. 燃焼安定性の実測値と予測値の比較

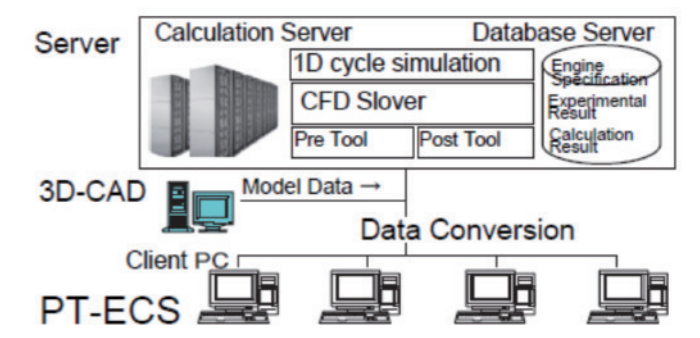


図4. PT-ECS System の構成

■ 出典: マツダ技報、No.31 (2013)、SKYACTIV エンジンの性能開発に活用した MBD