

Optimization of Gasoline Engines

ガソリンエンジンの最適化

Hyundai におけるモデルベース適合

Hyundai Motor Company (HMC) では、性能、燃費、汚染物質排出量に関する厳しい要求に応えるため、より効率的なエンジンとシステムの開発を進めています。多数の制御系により実現される「多自由度」は、非常に多くの「パラメータ」として実装され、これらのパラメータは、適合工程において調整し、最適化する必要があります。

韓国の南陽にある Hyundai Motor Company (HMC) 研究開発センターは、エンジンの動作範囲全体にわたる適合を効率的に行うことのできる「モデルベース適合」の工程を新たに導入しました。この新しい工程では、ETAS ASCMO および ETAS INCA-FLOW というソフトウェアツールによる高度なモデリングと自動化の手法を用いています。Hyundai

はこの新しい工程を導入することにより、ガソリンエンジン用の従来の標準的な適合工程に比べて計測工数を 75 パーセントも低減することに成功し、同時に品質向上も実現できました。

プロジェクトの概要

Hyundai では、新しい工程によって低減できた計測工数を算出し、ガソリンエ

ンジン用の標準的な適合パッケージに基づく成果物の品質を分析しました。ここで使用されたエンジンは、3 ステージ吸気装置搭載、デュアル連続可変バルブタイミング機構採用で、Continental エンジン制御装置により制御された自然吸気式の V6 3.0L GDI エンジンでした。各適合値（吸排気カムシャフトタイミング、噴射タイミング、点火角）を最適化し、

執筆者

Yooshin Cho 氏
Hyundai R&D
Center

(韓国、南陽)
上級エンジニア
ガソリンエンジン試験方法
の担当者

**Wonseok Chang、
Wongun Yoo**
ETAS Korea
Co. Ltd.

フィールドアプリケーション
エンジニア

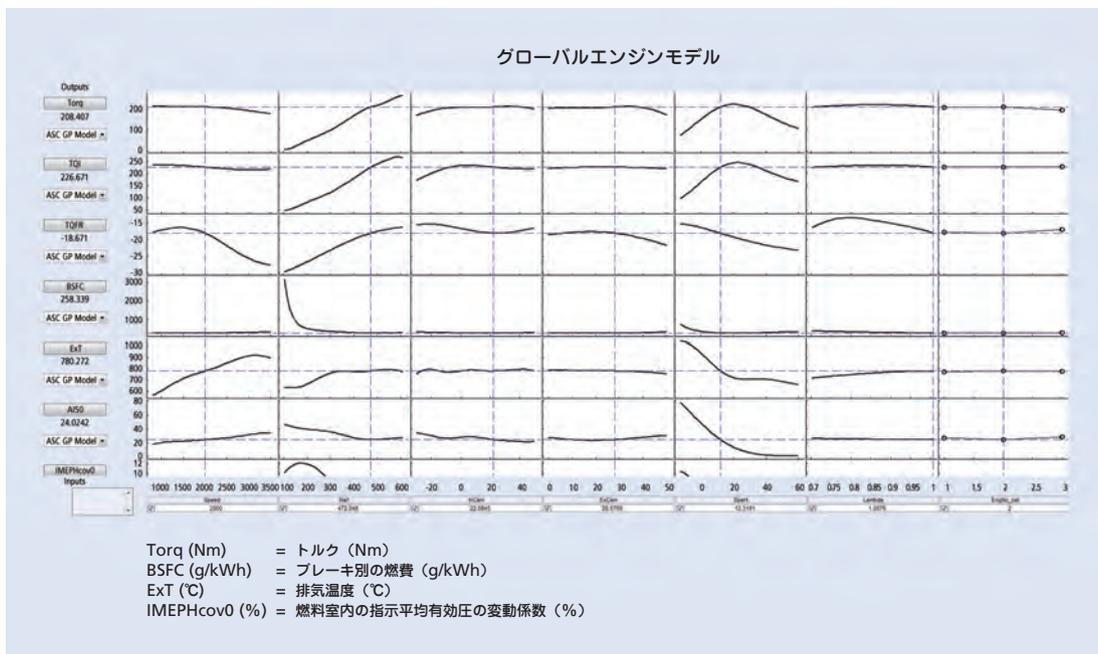


図 1: 出力変数と入力変数の依存関係を示すグラフ。ETAS ASCMO モデルは、この依存関係をパラメータ空間全体にわたって非常に的確にシミュレートします。

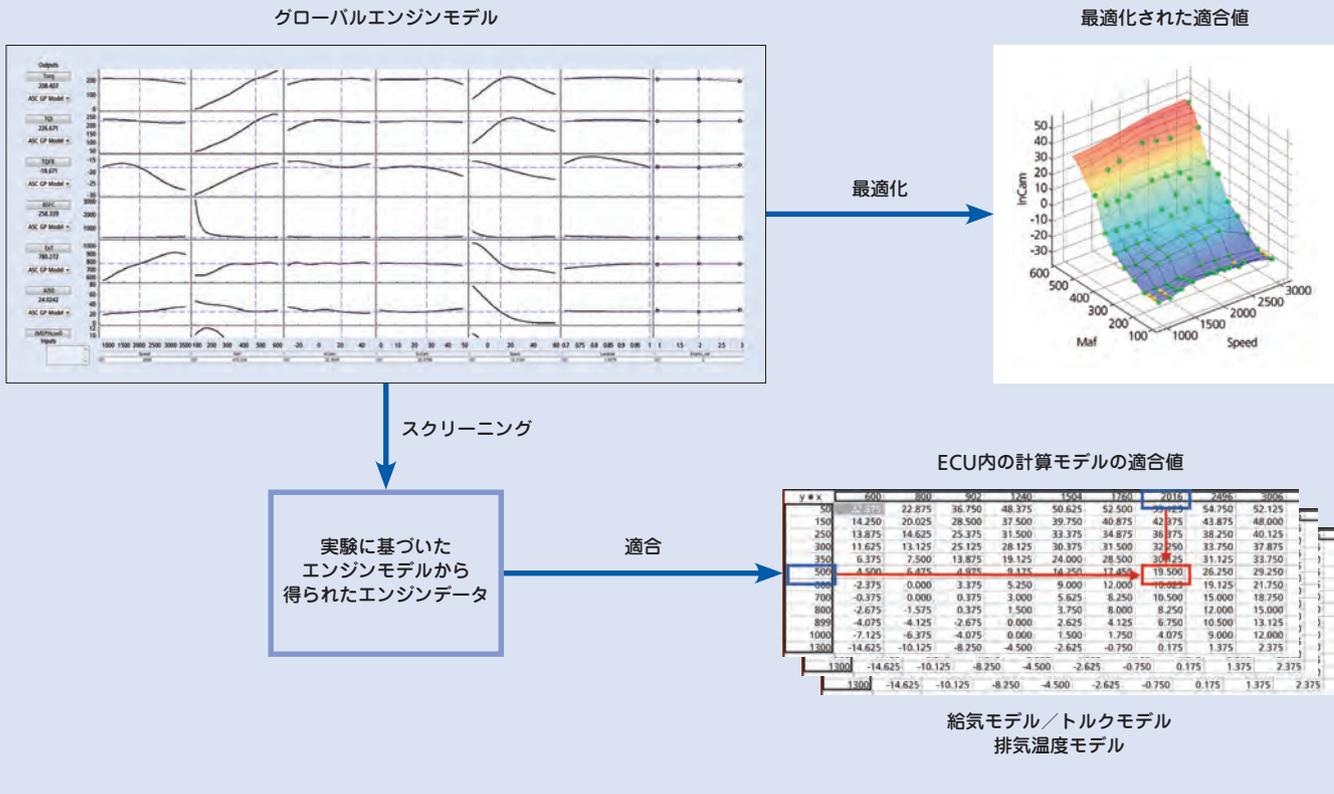


図 2: ECU 内のモデルのパラメータ値の最適化 (「最適化機能」)
 - 各モデルの出力を、実験に基づいたエンジンモデルから ASCMO が「スクリーニング」によって導出したデータに合せて調整 (「適合」) する。

各 ECU モデル (給気、トルク、排気温度) の適合も行いました。

新しい適合工程

Hyundai では、適合工程を再構築する過程において、「実験計画法」(DoE)と「完全自動計測」という 2 つの新しい手法をエンジンダイナモメータに実装し、機械学習の技術と計測結果から、エンジンの挙動を正確にシミュレートする高度なモデルを開発しました。DoE (実験計画) とモデルは ETAS ASCMO ツールにより生成され、DoE に基づくテストポイント計測は、ダイナモメータのテストセルにおいて、INCA-FLOW ツールで新たに開発した計測制御システムにより自動化されました。

エンジンモデルを用いた適合

テストベンチで計測された値から生成されたエンジンモデルは、エンジンの挙動をパラメータ空間全域にわたって高い精度でシミュレートします (図 1 を参照)。このモデルに基づいて、燃費と全負荷ト

ルクの双方が最適化され (図 2 を参照)、同時にノッキング限界と排気温度限界が確認されました。一般的に、給気、トルク、排気温度などの ECU モデルを適合するには大量のデータが必要ですが、ここで使用されたデータは、従来の一般的な手法のようにエンジンダイナモメータにおいて手間をかけて計測したのではなく、実験に基づいたエンジンモデルから ASCMO が「スクリーニング」と呼ばれる手法で導き出したものでした。ASCMO が生成したモデルの出力値を実測値と比較した誤差は、給気モデルでは 5% 未満、トルクモデルでは 5% 未満 (または最大 5 Nm)、排気温度モデルでは 15°C 未満でした。

結論とまとめ

Hyundai では、グローバルなモデルベース工程を導入したことでエンジン適合の効率を劇的に高めることができ、エンジンダイナモメータでの計測工数を従来の手法に比べて 75% 低減することができました。以上のことから同社は、グロー

バルなモデルベース工程は複雑なエンジンの適合を効率化し、プロジェクトの設定目標に対して高品質の成果をもたらすことができるものと結論付けました。