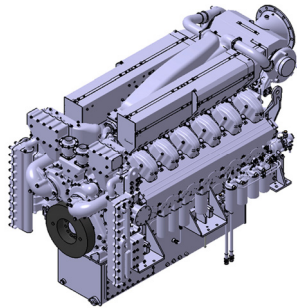


クリーンディーゼルエンジン開発の効率化と デジタルエンジニアリング

Digital Engineering Increasing the Efficiency in Clean Diesel Engine Development



深川 敦子
Atsuko Fukagawa

遠藤 雅喜
Masaki Endo

クリーンディーゼルエンジン開発において設計・開発部門が取り組むべき課題は、燃費と排出ガスの同時改善による顧客メリットの創出であり、そのためには、より一層の開発期間の短縮、開発コストの抑制、設計品質の向上が不可欠となる。これらを実現するために、デジタルエンジニアリングを適用し、システム設計における検討力強化をねらった仕組み作りを推進している。本稿では、これらの取組の一部を紹介する。

1. はじめに

当社は、1kW 未満の小型ガソリンエンジンから 68MW クラスの大型低速ディーゼルエンジンまで世界で最も広い出力範囲のピストンエンジンを開発・生産し、また主要コンポーネントである排気ターボ過給機や燃料噴射装置も製品化している。その用途として、車両や船舶などの輸送用機械、各種産業用機械、コージェネレーション・発電用装置など幅広い各種製品の原動機として、経済社会の発展を支える重要な役割を果たしている。

ディーゼルエンジンと聞くと、その排出ガスの黒さやエンジン音の大きさなどから、環境負荷の大きい動力源と思われがちなところがある。しかし実際にはその熱効率の高さと、製造コストのバランスの点から、今後その重要性が益々増加していくことは間違いない。近年の環境意識の高まりから、ディーゼルエンジンには段階的に厳しい排出ガス規制が課せられることが予定されているのに加え、次の規制に対応するまでの開発期間が限られている。また、アイドリングから定格までの幅広い運転条件での排出ガス低減が求められており、今後は、運転条件が連続的に変化する過渡運転モードでの排出ガスも規制される。さらに、地球温暖化、エネルギー問題(化石燃料枯渇、原油価格高騰)から CO₂ 規制、燃費規制も予想され、規制が先行する自動車業界では既に販売地域ごとに様々な燃費規制が課せられている。

以上より、今後は燃費と排出ガスを同時改善しなければならず、そのためには、より一層の開発期間の短縮、開発コストの抑制、設計品質の向上が不可欠となる。本稿では、これらを実現するために推進している3次元CADソフト CATIA V5 によるデジタルエンジニアリングを適用した仕組みづくりの中からいくつかの事例を紹介する。

2. デジタルエンジニアリングの有効性

高度化、複雑化していく市場や顧客の要求に対して、これまで以上のスピードで機能・性能・品質の確保された製品を提供するに当たり、“繰り返し業務を自動化できる”、“様々な設計値を定量化できる”といった点から、デジタルエンジニアリングの活躍の場が広がっている。特に、ものづくりの上流工程である設計・開発部門からデジタルエンジニアリングを有効活用することは、後工程である製造、カスタマーサポート部門などにまでその効果が波及していくという意味でも非常に意義が大きい。

今回はエンジン構成部品の中でも燃費と排出ガスに大きな影響を及ぼすシリンダヘッドの機能・性能・品質の創り込みにデジタルエンジニアリングを適用し、開発期間の短縮、開発コストの抑制とともに設計品質の向上を図った事例を紹介する。

2.1 機能・性能の創り込み

吸排気ポートと呼ばれるシリンダヘッド内の“ガス通路”は、エンジン性能を支配する最重要部品である。燃焼室へ吸気を送り込み、燃焼後の排気を吐き出す役目を担う。設計ノウハウとしては、この吸気及び排気の流れをいかに滑らかにするか、ということが重要になる。このためにはポート、つまりガス通路の断面積変化を適正化することが必要となる。吸排気ポートの断面積変化を把握するには、**図1**に示すように、ポート内の流路に対して指定された断面位置での断面積変化を計算し、これをグラフ表示する。バルブの開度によって断面積も変わる。

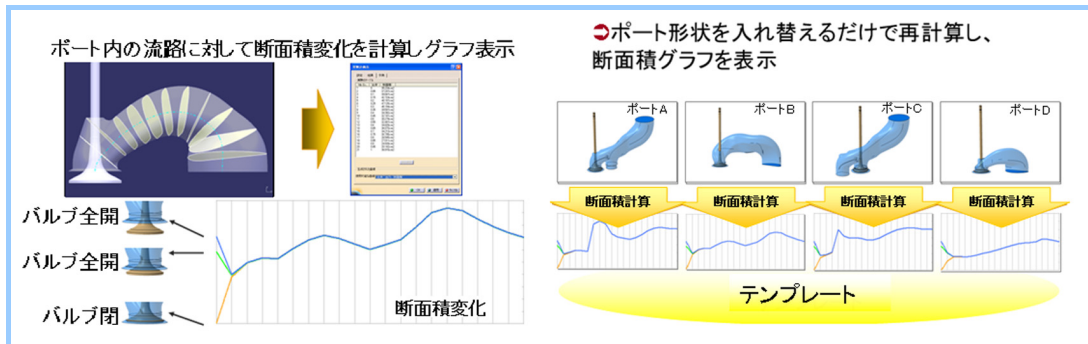


図1 吸排気ポートの適正化設計
断面積計算からグラフ表示までの流れとテンプレートの利用例を示す。

さらに実設計業務では、このように断面積変化を適正化するために何回もの繰返し計算が必要となる。このため、断面積計算のテンプレート化を実施し、ポート形状を入れ換えるだけで再計算できる仕組みにした。これにより設計者は、吸排気ポートの最終形状を得るまでの工数を大幅に削減できるとともに、目標とする変化曲線を設計者に明示することで統一された“重要な設計ノウハウ”及び設計思想を製品に織り込むことが可能となった。エンジン外觀形状に変更がない範囲で迅速に最良のポート性能が得られるという点が、最大のメリットである。

2.2 品質の創り込み

先述のとおり、ポート形状の良し悪しはエンジン性能に直結するため、実部品の出来には特に気を配る必要がある。しかしながら、ポートは鋳物で作られるため、部品形状のばらつきは大きくなりがちであり、実部品と設計データの間に大きな相違が発生することも少なくない。

そこで、光学式3Dスキャナを用い、吸排気ポート部分の中子形状を計測した点群から3Dデータを作成し、これを設計データと比較できる仕組みを作成した。この仕組みでは、隣接するサーフェス間の距離を測定し、計測した3Dデータと設計データの形状を比較できる。実際の設計作業の流れは、**図2**のとおりである。

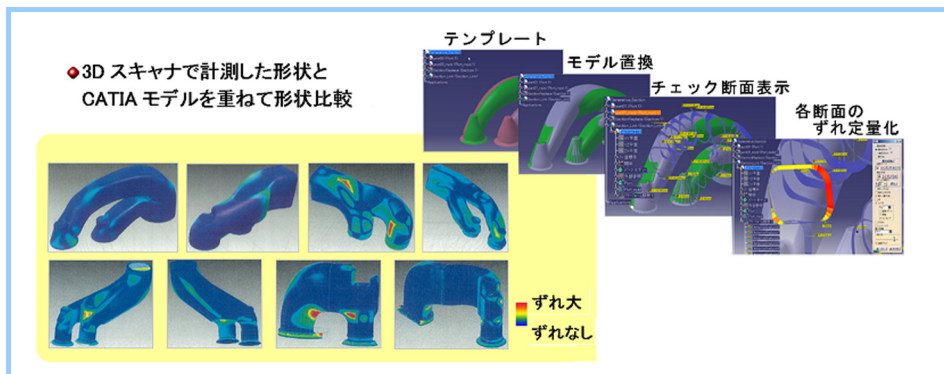


図2 形状検査作業の流れ
吸排気ポートの形状検査手順と計測結果を示す。

まずポート形状比較用のテンプレートを呼び出し、検討したい設計データと、3Dスキャナにて計測した実形状データを置換する。その後、事前に定義してあるチェック断面を表示し、さらに各断面のずれ量を定量化する。

また併せて、**図3**のような、チェック断面を基に受け入れ検査用の2次元図面を自動作成する機能も追加した。

これにより、量産時には生産ラインに流れている吸排気ポートを抜き取り切断し、実形状のばらつきを管理することで品質を確保する仕組みとして利用している。鋳造部品は製造の継続に伴い、木型のずれや摩耗などにより徐々に性能劣化していくが、許容範囲を超えて劣化した部品の流出を防止する仕組みとしても、非常に有効である。

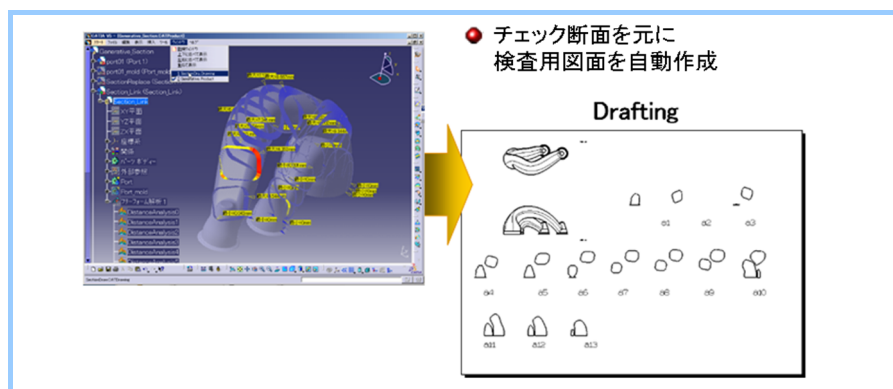


図3 検査用図面自動作成

3Dモデル上に定義したチェック断面から形状検査用図面を出力した例を示す。

3. まとめ

本稿では、デジタルエンジニアリングを適用したクリーンディーゼルエンジン開発効率化のための仕組みの中から、吸排気ポートの機能・性能及び品質の創り込みについて2つの事例を紹介した。2つの効果を合わせると、部品設計が30%効率化できる結果となった。一般に、フロントローディング化により設計・開発部門における業務は増加し続ける傾向があるため、効率よく対応できる仕組みを蓄積していくことが課題となっている。製品開発と同時にこのような仕組みづくりに取り組むことで、今後ますます厳しくなる環境規制に、迅速、確実に適合し、顧客の利益に貢献できる製品の提供に努める所存である。

最後に、本稿にて紹介した仕組みづくりに当たり多大なるご協力をいただいた社内外の関係各位に心より感謝の意を表します。

執筆者紹介



深川敦子
汎用機・特車事業本部
エンジン技術部
プロジェクト管理課



遠藤雅喜
汎用機・特車事業本部
エンジン技術部
環境技術設計課
課長