

ディーゼルエンジンの燃料噴射スケジュール最適化問題への、スワール比、排気ガス再循環率の追加

上浦 二郎

1 今月の研究内容

これまで、ディーゼルエンジンの燃料噴射スケジュールを最適化することによって、燃費の向上、NO_x 排出量の低減、すす排出量の低減をはかってきた。今月は、新たにスワール比と排気ガス再循環率 (EGR) を最適化対象に加え、それらが各目的 (燃費の向上と、NO_x, すすの低減) に与える影響について検討を行った。

2 スワール比と排気再循環率

2.1 ディーゼルエンジンのサイクル

ディーゼルエンジンのサイクルを以下に示す。

1. 吸入行程

ピストンが下降する間、吸気バルブは開いており、新鮮な空気がシリンダーの中に送られる。

2. 圧縮行程

ピストンが上昇を開始すると、吸気バルブが閉じる。このピストンの動きにより、シリンダー内の空気は高圧、高温に圧縮される。

3. 爆発行程

ディーゼル燃料が圧縮された空気に噴射され、混合気体が自然発火する。このときのエネルギーにより、シリンダー内のガスによってピストンが押し上げられる。

4. 排気行程

ピストンが再度上昇を始めるとき、排気バルブが開く。

2.2 スワール比と排気再循環率

ディーゼルエンジンの性能に大きな影響を与えるものに燃焼の効率が挙げられる。スワール比、排気再循環率は、ともにこれを改善するためのものである。

スワール比

上記爆発過程において、燃料と空気がよく混ざっているほど、燃焼は効率的に行われる。圧縮行程におけるシリンダー内の空気の渦 (スワール) が、爆発行程においても続くことが分かっている。スワール比は、1 行程あたりの渦の回転数を示す。スワール比が高いほど、強力な渦が生成されることになり、燃料と空気がよく混ざる。しかしながら、高すぎると、かえって空気の流れに抵抗を生む結果となり、燃焼の効率が下がると予想される。

排気再循環率

吸入行程において、新鮮な空気だけではなく、排気ガスをもシリンダー内に取り込む技術は、エンジン出力の改善と燃料の節約のためにすでに一般的に使われている。全吸入ガス中に占める排気ガスの割合は排気ガス再循環率 (Exhaust Gas Recycling Rate) で表す。排気ガス再循環率を増加させることにより、エンジンの性能は改善される。しかしながら、高すぎると、酸素が不足するためにかえって燃焼の効率が下がると予想される。

つまり、よりいっそうのエンジンの低エミッション化を検討するためには、これらの設計変数を最適化する必要がある。

3 重み適応型遺伝的アルゴリズムを用いた多目的最適化の結果

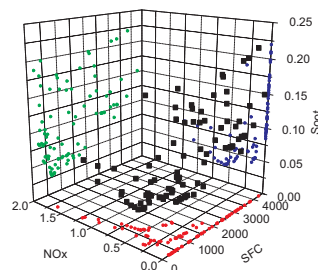


Fig. 1 最適化結果

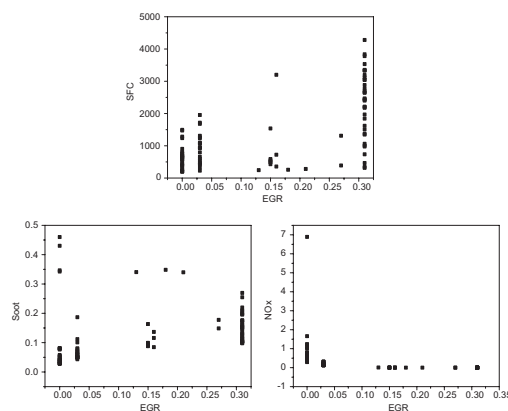


Fig. 2 EGR と各目的関数値の関係

Fig. 1 は、多目的最適化を行った結果得られた非劣解集合である。Fig. 2 は、排気ガス再循環率と、各目的関数値の関係を示したものである。排気ガス再循環率と各目的関数値の間には、複雑な関係があり、最適化の必要性を示唆している。