

三菱重工では、高速油圧アクチュエータを使った可変バルブ試験装置 (Engine Valve Control System : EVC) による内燃機関のさらなる最適化の研究を進めています。EVC システムは、任意のリフトパターンでバルブを駆動でき、高回転まで非常に柔軟なエンジン運転を可能とします。試験用制御ユニットとして、DS1006 をベースにした dSPACE マルチプロセッサリアルタイムシステムを使用しています。

可変バルブ制御

可変バルブシステムは、既に多くの量産エンジンに採用されていますが、さらなるエンジン効率の向上を目指して、吸気バルブによる吸入空気量制御、ノッキングの抑制、内部 EGR 制御などの研究が進められています。可変バルブ制御は、可変自由度の異なる各種の方式で実現できます。将来のエンジンでさらなる最適化を達成するには、バルブ開閉タイミング、リフト量、作動角、吸排気バルブのオーバーラップだけでなく、バルブプロフィールそのものを任意に変更できる自由度の高い可変バルブシステムが望まれます。

電磁式と油圧式のアクチュエータ

可変バルブ制御には、電磁式または油圧式のアクチュエータが用いられます。電磁式アクチュエータは応答性に優れる反面、出力が小さいため無段階のリフト制御に

は対応できません。このように電磁式はリフトパターンの精密な再現には適さないため、多くの場合 ON/OFF 制御にのみ用いられます。

これに対し油圧式アクチュエータは、出力が高く制御性に優れる反面、一般的に応答性に劣るため、高回転まで追従させることが難しいのが欠点でした。

そこで三菱重工では、長年培った油圧制御技術をいかして、EVC システム用の小型で高速な油圧式アクチュエータを開発しました。

EVC システムの構造

EVC システムは、シリンダヘッドに取り付けたバルブ駆動用油圧アクチュエータ (図 1)、高圧作動油の流量と方向を制御するサーボ弁、アクチュエータの位置制御用装置と、油圧ポンプなどの補機により構成されます (図 2)。



More Efficient

Combustion Engines

高速油圧アクチュエータを用いた
カムレス可変バルブ試験装置の開発

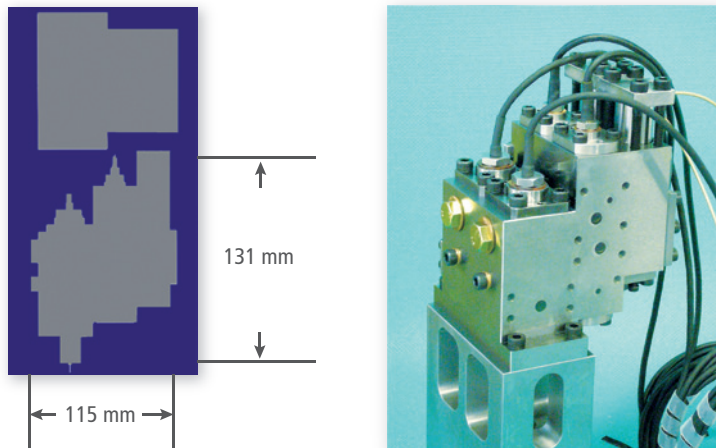


図1：EVC アクチュエータの寸法（左）と構造（右）

「動的応答に優れた油圧アクチュエータを開発することが目標でした。dSPACE システムにより、開発期間を大きく短縮することができました」

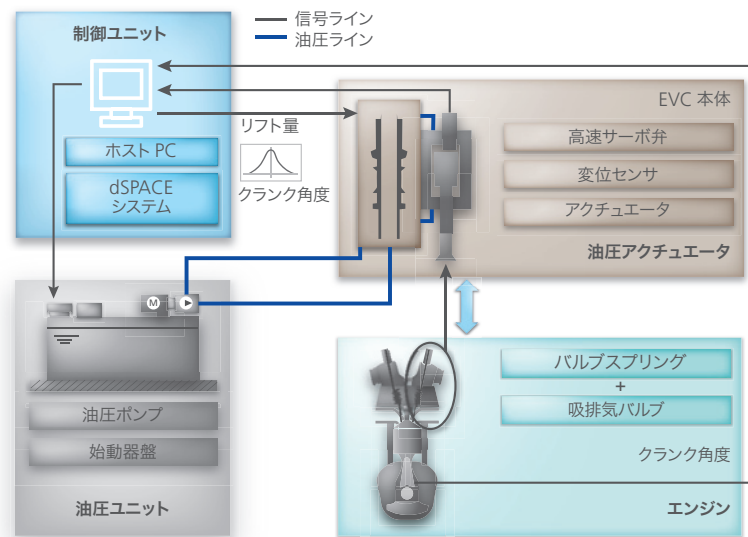
三菱重工業株式会社、上原 氏

EVC システムの特長

EVC システムの特徴は、高回転でも精度良くリフトパターンを再現できる高速追従性にあり、これを実現しているのは、EVC 専用の高応答サーボ弁とリアルタイム補償制御ロジックです。

サーボ弁は三菱重工の新開発であり、最大 6 m/s のアクチュエータ速度で動作し、約 2 ms 周期でバルブを開閉可能です。このサーボ弁により、高回転でのリフトパターン追従性を高めながら、小型エンジンにも搭載可能なサイズを実現できました。

図2：制御ユニットを含む EVC 試験システム全体の構成図



試験施設での試作機の制御

制御装置は、アクチュエータの位置制御や安全監視を行う dSPACE リアルタイムシステム (DS1006 ベース) と、リフトパターンの設定やシステムのリアルタイムモニタを行う Host PC により構成されます。システムの制御ソフトウェアは、小野測器との共同開発によるもので、dSPACE リアルタイムシステム上で動作し、アクチュエータピストン位置をフィードバック制御することにより、リフト波形を高い精度で再現します。また、トランジェントモード運転 (回転変動、トルク変動などの過渡運転モード) にも対応可能です。

また制御装置では、過大な偏差やアクチュエータ位置とピストン軌跡間の異常接近などの機械的動作も監視し、さらに、バルブとピストン間の衝突を回避するなどの各種安全機構も備えています。

多気筒エンジンでのファイアリング試験

ファイアリング状態で試験するために、EVC システムのアクチュエータを 4 バルブ 4 気筒ディーゼルエンジンのシリンダヘッドに取り付けました。

まず、通常のカム駆動時と、EVC システムでカムと同じリフトパターンを再現した時の筒内圧を比較しました (図 3)。両者の結果がよく一致していることから、EVC を使って通常のカム駆動と同等の精度が得られることを確認できました。次に、EVC で運転している時の各気筒の筒内圧を比較しました (図 4)。筒内圧に気筒間の差異がほとんど見られないことから、EVC システムが良好にリフトパターンを再現できていることが明確となりました。EVC システムは、常にクランク角度を検出

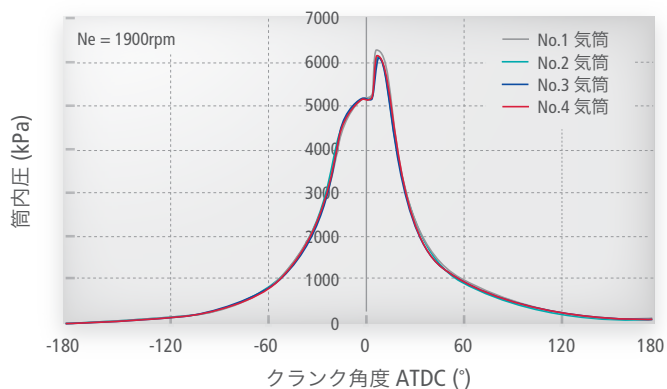
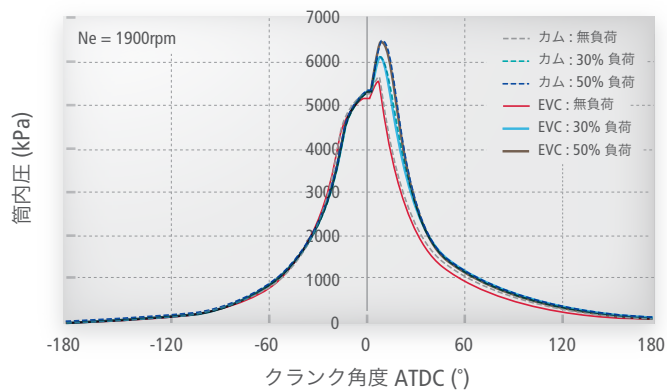


図 3：通常のカム駆動方式と EVC システムの筒内圧の比較

図 4：4 気筒エンジンの気筒間筒内圧比較

しながら高速にバルブリフトを制御するため、回転数が変化するトランジェントモードでも追従可能です。このため試験では、スタータモーターによる始動から燃料カットによる停止まで、あるいはエンジン回転数が上昇しても下降しても、すべての試験条件で EVC の設定を変更することなく、スムーズに試験を行うことが可能です。■

三菱重工業株式会社
上原 龍児

まとめ

多気筒エンジンによる試験では、気筒間の筒内圧の差異がほとんど見られなかったことから、EVC システムがリフトパターンを高い精度で再現できることを実証しました。また、新燃焼技術の研究に EVC システムを適用した別の事例においても、短期間のうちに燃焼改善効果が得られる条件を見つけ出すことができ、その有効性が示されました。試験用制御ユニットとして使用した dSPACE システムは、柔軟性に優れるため、設定の変更や新しいアイデアを素早くシステムに適用できました。当システムは非常に使いやすく、動作も安定していました。dSPACE システムにより、新燃焼技術の熱効率を短期間で改善できました。今後の開発では、EVC システムをエンジンベンチと連動させ、エンジンの運転条件に応じた最適リフトパターンを自動的に探索することを視野に入れています。

上原 龍児 氏
三菱重工業株式会社
原動機事業本部
下関設計・製造部

