



モータ駆動式電動連続可変 バルブタイミング機構の開発

竹中 昭彦（株式会社デンソー）

1. はじめに

地球温暖化や大気汚染防止への取り組みの一環として、より一層のCO₂、および汚染物質の排出量の低減が自動車に求められている。一方で、自動車本来の魅力である「走り」も同時に求められている。この様な要求に応えるため、当社は油圧駆動による連続可変バルブタイミング機構に取り組んで来た。今回は更なる燃費・排エミッションの低減、出力向上の両立を目的に電気モータ駆動による連続可変バルブタイミング機構を開発しLEXUS LS460に採用されたので紹介する。



Fig.1 電動VCTシステム

2. VCTとは

VCT (Variable Cam Timing) とはエンジンの適正なトルクや出力が得られるように回転数やアクセル開度などの運転状態に応じて、カムシャフトの位相を連続的に制御することにより、エンジンに空気を供給する吸気バルブや、排気ガスを排出する排気バルブの開閉タイミングを最適化する装置である【Fig.2】。このシステムにより内部EGR（シリンダから排出された燃焼ガスをシリンダ内に再吸入）による排気エミッション(HC、NO_x)低減、ポンピングロス低減による燃費向上、吸排気効率向上によるエンジン出力向上の3つの効果を実現させるものである。

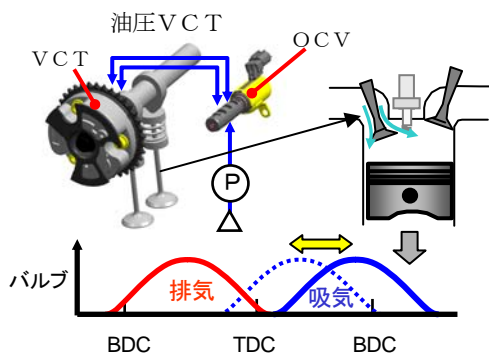


Fig.2 VCTとは

3. システム概要

電動VCTのシステム構成を【Fig.3】に示す。従来はVCT駆動源をエンジンの油圧により作動する油圧制御システムであるが、今回紹介するLS460に採用されたVCTは、駆動源を電気モータにより作動する電気制御システムである。このシステムは、吸気カムシャフトに取り付けられたVCTアクチュエータとエンジンチェーンケースに搭載したドライブ一体のブラシレスモータにより構成し、駆動制御としては、モータ軸をカムシャフトと連れ回りさせ、

- ・ 進角作動：カムシャフト回転速度 < モータ回転速度
 - ・ 位相保持：カムシャフト回転速度 = モータ回転速度
 - ・ 遅角作動：カムシャフト回転速度 > モータ回転速度
- となる様モータ回転速度を制御し、この回転速度制御はモータと一体化されたEDU（駆動回路）にて行っている【Fig.4】。

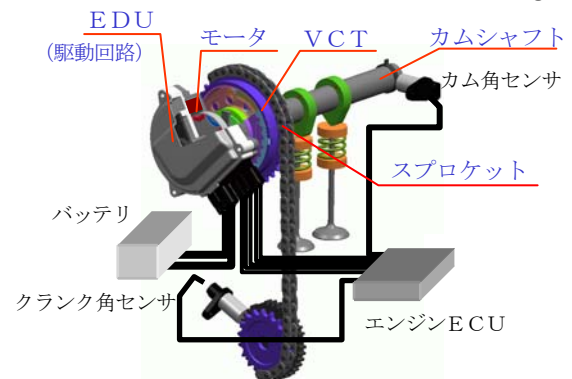


Fig.3 VCTシステム構成

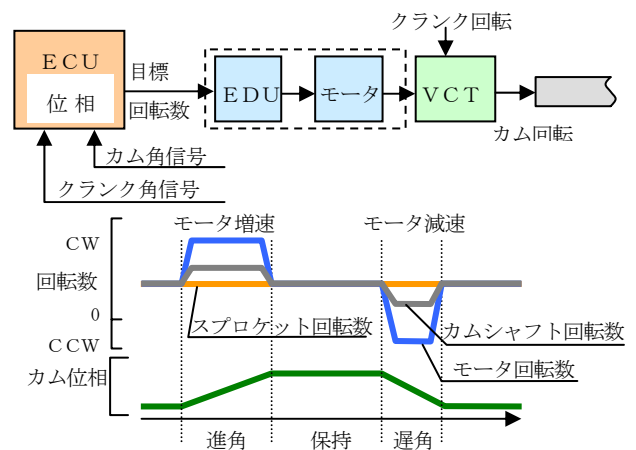


Fig.4 VCT制御方法

3.1. VCT部

構成としては、減速機部とリンク部とに分けられる【Fig.5】。減速機構については、最大±50Nmあるカムシャフト駆動トルクに対し進退角作動させるために、モータのトルクだけでは足りず、100倍程度の減速を必要とする。このため、体格の制約からも、同軸に配置可能で大きな減速比が得られるサイクロイド減速機を採用した。また、カムシャフトは非常に大きなトルクが正負方向に変動することが特徴であり、この変動トルクを減速機前で遮断しないと、減速機部のたとえばギアバックラッシュからの異音発生や、モータ軸へのダメージも考えられる。この課題に対し、モータからの作動効率（正効率）は大きく、カムシャフト側からの変動を伝える効率（逆効率）は小さくなる様、正逆効率分離機構として、リンク機構と渦巻き溝（確動カム）を採用し、この渦巻き溝プロフィールにて効率を調整している。また、大きな変動トルクを受けることから、信頼性確保のため、製造に関しても、サブミクロンの加工を行っている。

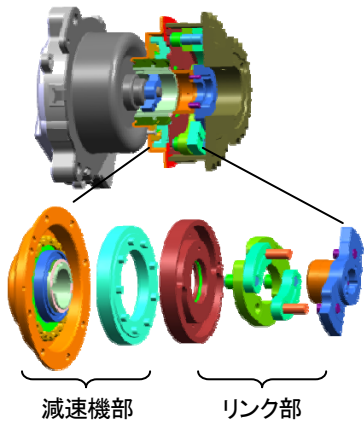


Fig. 5 VCT部

3.2. モータ・EDU部

モータはEDU（駆動回路）を一体化した構成とした【Fig.6】。モータは常時回転と、制御方法で説明したが、進角動作はカム回転+作動分の回転となり、高回転を要求されるため、ブラシレスモータとし、その方式としては、高効率で逆起電力の小さいIPMモータを採用した。また、搭載上の制約として、全長短縮が必要であり、扁平構造とした。

EDUはモータ回転速度フィードバック制御機能やモータ保護、ダイアグ機能を内蔵し、モータに一体化可能となる様コンパクト設計とした。

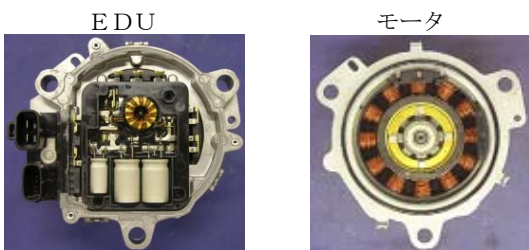


Fig.6 EDU・モータ部

4. 性能

これまでのVCTはエンジンのオイルポンプにて発生した油圧により作動するため、油の流動性の悪いエンジンが冷えた状態や、油圧が低い1000回転以下の領域では作動させられなかった。これに対して、電動VCTは駆動源のモータにより、エンジンが冷えた状態やエンジンが始動すると同時に性能を発揮することが可能となった【Fig.7】。また、油圧式では出来なかったエンジン始動時の位相を最進角と最遅角との間にて固定する中間止め機能を電動式ではリンクを用いた機構により実現し、より広い作動範囲で制御を行い、更に出力・燃費・排気エミッションを向上させることができた【Fig.8】。

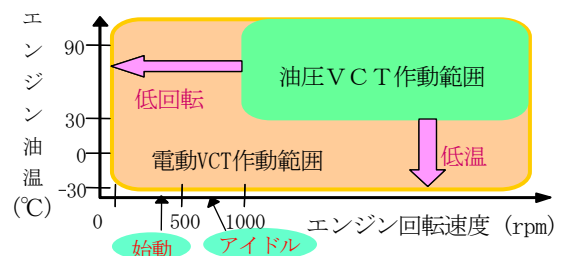
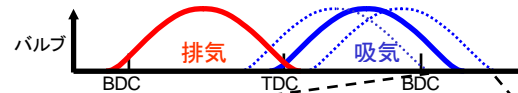


Fig.7 VCT使用領域



		吸気バルブ閉じ位相 ABDC °CA				
		20	40	60	80	100
電動VCT	運転中	← (低温から作動) → 最大出力向上 アトキンソン効果 (燃費)				
	始動時	← 任意設定可能 →				
油圧VCT	運転中	← (暖機後のみ作動) →				
	始動時	● (最遅角)				

Fig.8 電動VCT作動範囲

5. おわりに

モータ駆動による連続可変バルブタイミング機構について、概要を紹介したが、今後も更なる技術開発を進め、より一層のCO₂、および汚染物質の排出量の低減を目指したい。

参考文献

- 山田哲 他：フラッグシップ 新V8エンジンの開発。自動車技術会学術講演会前刷集，N o 93-06，p. 1-6 (2006)
- 服部正敬 他：電動式連続バルブタイミング可変機構の開発。自動車技術会学術講演会前刷集，N o 82-07，p. 5-8 (2007)